

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

**Návrh technologického postupu  
obrábění zadané součásti pro firmu  
UNEX a.s.**

Technological Process Design of  
Machining of the Specified Part for  
UNEX a.s.

Student:

Milan Pacák

Osobní číslo:

PAC0058

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Szkandera

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## Zadání bakalářské práce

Student: **Milan Pacák**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh technologického postupu obrábění zadané součásti pro firmu UNEX a.s.**  
**Technological Process Design of Machining of the Specified Part for UNEX a.s.**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor problematiky.
3. Návrh řešení problematiky.
4. Kvalitativní zhodnocení řešeného návrhu.
5. Technicko - ekonomické zhodnocení.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


SADÍLEK, M.; SADÍLKOVÁ Z. *Počítačová podpora procesu obrábění*. VŠB – TU Ostrava, 2012, 149 s., Dostupné na: <http://vyuka.fs.vsb.cz/>. ISBN 978-80-248-2770-4. Součástí této výukové je 14 animací.  
BRYCHTA, J.; CZÁN, A.; ČEP, R.; KRATOCHVÍL, J.; PETRŮ, J.; SADÍLEK, M.; STANČEKOVÁ, D.; ZLÁMAL, T. *Progresivní technologie v obrábění a NC programování obráběcích strojů*. VŠB - TU Ostrava, Žilinská Univerzita v Žilině, 173 s., 2014, ISBN 978-80-248-3522-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Szkandera**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020

  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



#### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 17. května 2020.



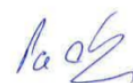
.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále je „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že-podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů-že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 17. května 2020.



.....  
Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Milan Pacák

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Horní 34, 783 13 Štěpánov

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PACÁK, Milan. *Návrh technologického postupu obrábění zadané součásti pro firmu UNEX a.s.* Ostrava: Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, ©2020, 52 s. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Pavel Szkandera.

Má bakalářská práce pojednává o návrhu technologického postupu obrábění součásti pro firmu Unex, a.s., pobočka Olomouc. V této práci se zaměříme na obrábění jednoho z mnoha typů výkovku, který slouží jako jedna z komponent pro sestavy nákladních automobilů. Především bude řešena optimalizace závitování a zvýšení produktivity v sériové výrobě s ohledem na kvalitativní stránku tohoto produktu. Úvodem je přiblížena společnost Unex a.s. V teoretické části se seznámíme s problematikou soustružení, závitování a programováním CNC strojů. Technická část pak obsahuje rozbor stávajícího technologického postupu, návrh nového postupu a následné zhodnocení po realizaci ve výrobě. Závěrem je uvedeno ekonomické zhodnocení celé výroby za pomoci ekonomických parametrů firmy Unex a.s.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PACÁK, Milan. *Technological Process Design of Machining of the Specified Part for UNEX a.s.* Ostrava: Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, ©2020, 52 s. Bachelor thesis. Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava. Head Ing. Pavel Szkandera.

My bachelor thesis deals with the design of the technological process of machining components for the company Unex a.s., Olomouc branch. In this work, we focus on machining one of the many types of forgings, which serve as one of the components for truck assemblies. Above all, the optimization of threading and increased productivity in series production will be addressed with regard to the quality of this product. The introduction describes the company Unex a.s. In the theoretical part we get acquainted with the issues of turning, threading and programming of CNC machines. The technical part then contains an analysis of the existing technological process, a proposal for a new process and subsequent evaluation after implementation in production. Finally, the economic evaluation of the entire production with the help of economic parameters of the company Unex a.s.

---

## Obsah

<b>Seznam použitých značek a symbolů.....</b>	<b>9</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>1 Soustružení.....</b>	<b>11</b>
1.1 Soustruhy .....	11
1.2 Popis jednotlivých soustruhů .....	11
1.2.1 Hrotové soustruhy .....	11
1.2.2 Revolverové soustruhy .....	12
1.2.3 Svislé soustruhy .....	13
1.2.4 Poloautomatické soustruhy.....	13
1.2.5 Automatické soustruhy .....	14
<b>2 Třískové obrábění .....</b>	<b>14</b>
2.1 Způsoby třískového obrábění.....	15
<b>3 Mazání a chlazení materiálu .....</b>	<b>15</b>
3.1 Vlastnosti a charakteristika řezných kapalin .....	16
3.2 Druhy řezných kapalin.....	17
3.2.1 Vodní roztoky .....	17
3.2.2 Mastné oleje a tuky.....	17
3.2.3 Emulzní kapaliny .....	17
3.3 Přívod chlazení do místa řezu .....	18
<b>4 Rozdělení materiálů na obrábění.....</b>	<b>18</b>
4.1 Popis jednotlivých skupin .....	19
<b>5 Závitníky a výroba závitů.....</b>	<b>20</b>
5.1 Závitníky .....	21
5.2 Hlavní části závitníku .....	22
5.3 Rozdělení závitníku .....	22
5.4 Povrchové úpravy závitníku .....	22
5.5 Nástroje na výrobu závitů .....	23

---

5.6	Řezání závitů na soustruhu .....	23
5.7	Soustružení závitů .....	24
5.7.1	Přídavné přístroje pro hrotové soustruhy .....	24
5.8	Řezání vnitřních závitů .....	24
5.9	Druhy závitů .....	26
5.9.1	Metrický závit .....	27
5.9.2	Whitworthův závit .....	27
5.9.3	Trubkový závit .....	27
5.10	Tvar třísky při řezání závitu .....	27
5.11	Vznik třísky a její tvarování .....	28
<b>6</b>	<b>Programování CNC strojů .....</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>Firma Unex a.s. ....</b>	<b>30</b>
7.1	Závod Uničov .....	30
7.2	Závod Olomouc .....	30
7.3	Závod Snina .....	30
<b>8</b>	<b>Úvod do řešené problematiky .....</b>	<b>30</b>
8.1	Popis součásti .....	31
8.2	Výrobní CNC obráběcí centrum .....	31
8.2.1	Základní informace .....	32
8.2.2	Technické parametry .....	32
8.2.3	Hlavní části stroje .....	32
8.3	Použité nástroje při obrábění .....	33
8.3.1	Břítová destička WNMG 080412RN KCP05 .....	33
8.3.2	Břítová destička WNMG 080404FF KCP10 .....	34
8.3.3	Břítová destička WNMG 080404RN KCP10 .....	34
8.3.4	Vrták B052A14000CPG KC7325 .....	34
8.3.5	Břítová destička TWX16R-KC .....	35
8.3.6	Závitník Powertap HSS-PM .....	35

---

8.4	Specifikace obráběného materiálu .....	36
8.4.1	Chemické složení konstrukční oceli StE460 .....	36
8.4.2	Mechanické vlastnosti konstrukční oceli StE460.....	36
8.5	Rozbor původní technologie výroby.....	37
8.6	Rozbor nové technologie výroby .....	38
8.6.1	Kompenzační hlavička pro závitníky .....	39
8.7	Porovnání původního a nového výrobního postupu .....	40
<b>9</b>	<b>Kvalitativní zhodnocení řešeného návrhu .....</b>	<b>43</b>
9.1	Další možnosti optimalizace .....	43
<b>10</b>	<b>Technicko – ekonomické zhodnocení .....</b>	<b>44</b>
10.1	Ekonomické zhodnocení.....	44
<b>Závěr.....</b>		<b>47</b>
<b>Poděkování.....</b>		<b>48</b>
<b>Seznam zdrojů .....</b>		<b>49</b>
<b>Seznam příloh .....</b>		<b>52</b>



---

## Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Význam	Jednotka
$v_c$	řezná rychlost	[m/min]
$n$	otáčky	[ot/min]
$f_n$	posuv na otáčku	[mm/ot]
$a_p$	hloubka řezu	[mm]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$R_m$	mez pevnosti	[MPa]
$\varnothing$	průměr	[mm]
$k_s$	kus	[-]
CNC	počítačem řízený stroj	[-]
NC	číslicově ovládaný stroj	[-]
Z	kontrakce	[%]
A5	tažnost	[%]
Tvrдость	tvrdost podle Brinell	[HB]
DIN	značení ocelí dle německé normy	[-]
EN	značení ocelí dle evropské normy	[-]
ČSN	značení ocelí dle české normy	[-]
W. Nr.	číslo materiálu	[-]
ISO	mezinárodní organizace pro normalizaci	[-]
VBD	vyměnitelná břitová destička	[-]
KV	nárazová práce	[J]

## Úvod

Aktuální vývoj technologií, napříč celým spektrem strojírenství, je velmi progresivní. V mnoha oblastech strojírenského průmyslu je dosaženo takové úrovně, o které by se před několika lety mohlo pouze zdát. Strojírenství je ucelený souhrn mnoha dílčích prvků, od konstrukce strojů, nástrojů a zařízení, přes výrobu, až po samotnou montáž celků.

Aby byl zachován rozvoj a konkurenceschopnost firem, je nutné hledat v jednotlivých fázích výroby optimální, a především produktivní řešení. Hovoří se zde o „úsporách“ času, peněz a zdrojů, jak lidských, tak surovinových.

Při pohledu na problematiku obrábění je tedy hlavním cílem zdokonalovat procesy výroby, plně využívat potenciál moderních strojů a nástrojů, které povedou k zefektivnění výroby a rovněž i k úsporám výrobního času.

Na výše zmiňovanou problematiku se zaměřuje tato bakalářská práce. Nabyté poznatky a výsledky testů byly získány v prostorách firmy Unex a.s., pobočka Olomouc, na zadané součásti.

Zadané téma bylo zpracováno pro firmu Unex a.s., pobočka Olomouc, tato pobočka byla zřízena v roce 2006. Do dnešního dne se stala nepostradatelnou součástí holdingu Unex a.s. v produkci odlitků, výkovků a obrobků.

# 1 Soustružení

Soustružení je metoda obrábění, kdy dochází k obrábění rotačních součástí, ve většině případů při použití jednobřitého nástroje různých provedení. Z několika hledisek se soustružení může řadit jako jeden z nejjednodušších způsobů obrábění a také jako nejvíce využívanou metodu ve strojírenském průmyslu. [4]

## 1.1 Soustruhy

Soustruhy představují nejrozsáhlejší podíl ve strojírenské výrobě. V každém strojírenském podniku se vyskytují ve velkém počtu typů a zároveň i v mnoha různých stupních automatizace. [4]

Rozdělení soustruhů z hlediska:

a) konstrukčního je následující:

- hrotové soustruhy,
- revolverové soustruhy,
- svislé soustruhy,
- speciální soustruhy. [4]

b) podle stupně automatizace:

- ručně ovládané soustruhy,
- poloautomatické soustruhy,
- automatické soustruhy. [4]

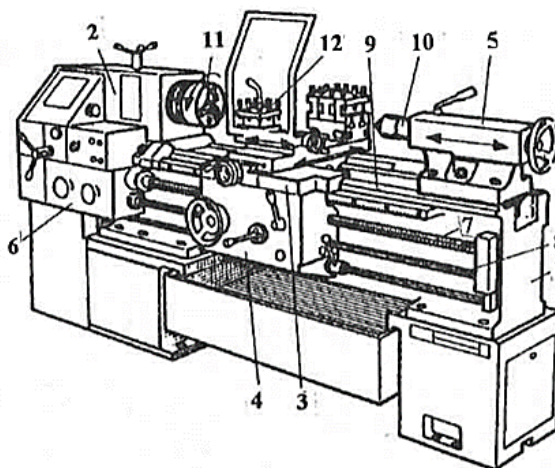
## 1.2 Popis jednotlivých soustruhů

V této části je zhotoven popis vybraných obráběcích soustruhů.

### 1.2.1 Hrotové soustruhy

Tento typ soustruhů našel největší využití v kusové a malosériové výrobě pro soustružení přírubových a hřídelových součástí. Hrotové soustruhy mají výhodu, že jejich způsob seřízení není náročný. [4]

Soustruhy se vyrábějí jako hrotové univerzální a jednoduché. Co se týče technologických možností, tak na hrotových soustruzích lze obrábět vnější a vnitřní rotační plochy, dále rovinné čelní plochy, řezat závity a soustružit kuželové nebo tvarové plochy. Na obrázku 1 je hrotový soustruh. [4]



**Obrázek 1 Hrotový soustruh [4]**

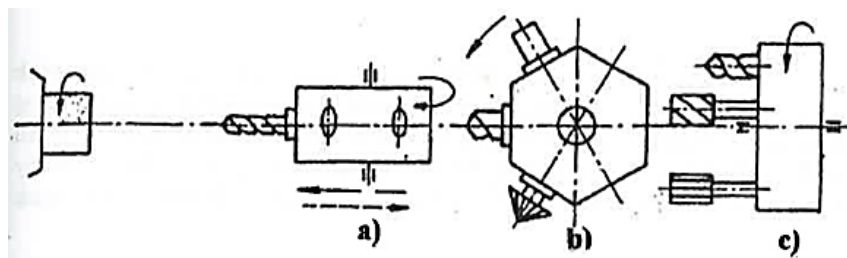
Popis konstrukce hrotového soustruhu:

- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| 1. lože,               | 7. vodící šroub,             |
| 2. vřeteník,           | 8. vodící tyč,               |
| 3. suport,             | 9. vodící plochy,            |
| 4. suportový skříň,    | 10. hrotová objímka,         |
| 5. koník,              | 11. sklíčidlo,               |
| 6. posuvná převodovka, | 12. otočná nožová hlava. [4] |

### 1.2.2 Revolverové soustruhy

Revolverové soustruhy jsou konstruovány pro menší série a střední série výroby. Nástroje se u soustruhů upínají v držácích, které jsou pro jeden nebo více nástrojů. Jedná se především o typy nástrojů, které slouží pro obrábění povrchů a děr. [4]

V případě srovnání revolverových soustruhů se soustruhy hrotovými, tak revolverové soustruhy mají rychlé a přesné nastavení nástroje vzhledem k obrobku. Další vymožeností revolverového soustruhu je soustružení podélné a příčné. V ose obrobku je možno řezat závity, vrtat, vyvrtávat, vystružovat. Na obrázku 2 jsou druhy revolverových soustruhů. [4]



**Obrázek 2 Druhy revolverových soustruhů [4]**

Rozdělení revolverových hlav:

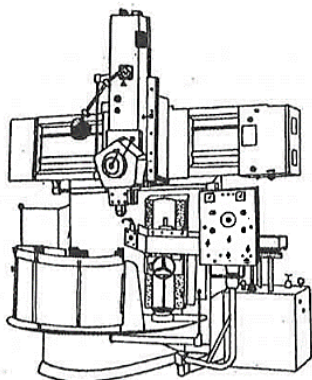
- a) svislá osa revolverové hlavy,
- b) vodorovná osa revolverové hlavy (kolmá k ose vřetene),
- c) vodorovná osa revolverové hlavy (rovnoběžná s osou vřetene). [4]

### 1.2.3 Svislé soustruhy

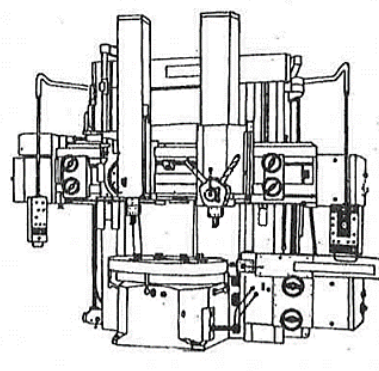
Svislé soustruhy nebo karusely, mají využití v kusové a malosériové výrobě. Tyto soustruhy se využívají pro obrábění kuželových, válcových a čelních ploch rozměrných a těžkých součástí. Velikost soustruhů je charakterizována největším oběžným průměrem. Průměry jsou normalizovány v řadě R 10 od 800 do 20000 mm. Svislé soustruhy do průměru 1200 mm jsou svislé soustruhy jedno stojanové, větší pak dvoustojanové. [26]

Svislé soustruhy jsou k dostání ve dvou variantách:

- jedno stojanové – do průměru stolu 1200 mm (obrázek 3),
- dvoustojanové – do průměru stolu 1800 mm (obrázek 4). [4]



**Obrázek 3 Svislý jedno stojanový soustruh [4]**



**Obrázek 4 Svislý dvoustojanový soustruh [4]**

### 1.2.4 Poloautomatické soustruhy

Poloautomatické soustruhy pracují na principu automatických pracovních cyklů nástrojů, ale při opakování cyklu je potřeba obsluha stroje. Tyto typy soustruhu mají uplatnění ve středněsériové výrobě a ve velkosériové výrobě. [4]

Podle způsobu upnutí se dělí soustruhy na:

- soustruhy poloautomatické hrotové (několikanožové, kopírovací),
- soustruhy poloautomatické sklíčidlové (suportové, revolverové). [4]

### 1.2.5 Automatické soustruhy

Automatické soustruhy slouží k obrábění složitých rotačních součástí. Při práci na automatických soustruzích dochází k automatické výměně obrobků. Stroje jsou vybaveny automatickým vkládáním obrobků do pracovního prostoru. [4]

Automatické soustruhy se dělí dle tří hledisek:

- aplikovaného řízení (křivkové, bezkřivkové, CNC),
- konstrukčního uspořádání (revolverové, zapichovací – tvarové a podélné),
- počtu vřeten (jednovřetenové, několikavřetenové). [4]

Vybavení automatických soustruhů je opatřeno velkým množstvím příslušenství. Mohou se zde provádět operace jak dokončovací, tak i operace, které nelze soustružit, může to být frézování drážek, vrtání děr kolmých k ose apod. [4]

## 2 Třískové obrábění

Třískové obrábění je považováno ve strojírenství za jednu z nejdůležitějších technologií. Při obrábění se vyrábí součásti různých velikostí a tvarů. Procesem třískového obrábění je odebrání třísky z polotovaru řezným nástrojem. Tím vzniká konečný tvar a také přesné rozměry výrobku. [14]

Operace třískového obrábění:

- **Vrtání** – je třískové obrábění, kdy dochází k vytváření otvorů. [14]
- **Frézování** – u této metody dochází k opracování rovinných ploch. [14]
- **Vystružování** – je dokončovací operace, která je následnou po operaci vrtání. Provádí se za účelem potřeby docílit přesné rozměry a kvalitního povrchu díry. [10]
- **Řezání** – je druh operace, při které dochází k dělení materiálu, jako je například kulatina či pásovina. [10]
- **Honování** – slouží k obrábění rovinných ploch a pracuje na principu upnutí obrobku na stůl, který vykonává hlavní pohyb, nůž má za úkol provádět posuv a přísuv, cílem je zajistit dokončovací operaci při obrábění vnitřních nebo vnějších povrchů válcových součástí. [10]
- **Obrážení** – tato operace pracuje na principu, kdy je obrobek upnut a hlavní pohyb je vykonáván nástrojem. Tento druh se používá například pro výrobu

ozubených kol. Broušení je typ operace, kdy je odebírána malá část materiálu za docílení lepšího povrchu. [10]

- **Superfinišování** – u této operace se dosahuje co nejlepší drsnosti povrchu u rotačních součástí, a to za doprovodu vibrujícího nástroje. [10]
- **Lapování** – i tento proces je zahrnut do třískového obrábění. Lapování se používá k docílení jemné drsnosti povrchu a slouží k tomu lapovací pasty. [10]

## 2.1 Způsoby třískového obrábění

Konvenční metody:

- ruční obrábění,
- mechanické třískové obrábění,
- řezání. [13]

Nekonvenční metody:

- chemické,
- světelným paprskem,
- elektrojiskrové,
- vysokotlakým proudem vody. [13]

## 3 Mazání a chlazení materiálu

Jeden z úkolů řezné kapaliny je odvod tepla z místa řezu, ať už dokonalým mazáním nebo chlazením. Souběžně musí dojít k odvodu třísky z místa řezu, aby nedocházelo k otupení nebo poškození nástroje. Přívodem kapaliny do místa řezu dochází ke zmenšení jak vnitřního, tak i vnějšího tření. Tento proces pojednává o chlazení kapalinou. [7]

Existují i maziva, která jsou konzistentní (tuky), nebo pevná prášková maziva. Tento druh maziv snižuje tření, ale dostatečně neumožňuje správný odvod tepla z místa řezu. Proto se tyto mazací technologie uplatňují jen ojediněle např. při řezání závitů, nebo u speciálních operací. Jejich využití se spíše uplatňuje při tváření, kdy se nanáší mazivo na formu zápuštěk. [7]

Pro mazání a chlazení materiálu byly vyvinuty i prostředky na plynné bázi, ty ale nepronikly do výrobní praxe. Jeden z důvodů je, že je jejich využití obtížnější. V poslední době se začalo používat chlazení vzduchem, které je prováděno na principu, kdy je do místa řezu vháněn vzduch, který třísku rozptyluje mimo oblast řezu. [7]

U obrábění se nejvíce používá chlazení kapalinou. Kromě své mazací a chladicí funkce má i funkci čistící. Chladicí kapalina nesmí způsobovat korozi strojů ani obrobku a také nesmí být životu nebezpečná. V posledních letech dochází k vývinu kapalin, které neznečišťují životní prostředí a dají se snadno zlikvidovat. [7]

Zásady pro správnou volbu kapaliny:

- z mechanismu tvoření třísky,
- z vlastností obráběného materiálu,
- z vlastností použitého nástrojového materiálu,
- z požadavků na jakost obráběné součásti. [7]

Z těchto poznatků lze vyvodit následující:

- charakteristiku řezné kapaliny (chlazení a mazání),
- způsob přívodu řezné kapaliny do místa řezu,
- výběr vhodné koncentrace řezné kapaliny,
- zvážení ceny řezné kapaliny,
- způsob likvidace řezné kapaliny. [7]

### **3.1 Vlastnosti a charakteristika řezných kapalin**

Řezná kapalina se rozděluje do dvou hlavních složek:

- podle účinku na řezací proces,
- na kapaliny s převážným mazacím účinkem. [7]

Požadavky, které jsou požadovány z technologického a provozního hlediska:

- chladicí účinek,
- mazací účinek,
- čistící účinek,
- provozní stálost,
- ochranný účinek,
- přiměřené náklady,
- zdravotní nezávadnost. [7]



## 3.2 Druhy řezných kapalin

Řezné kapaliny se rozdělují do dvou skupin:

- chladicí kapaliny,
- řezné oleje. [7]

Obecné dělení řezných kapalin:

- vodní roztoky,
- mastné oleje a tuky,
- řezné oleje,
- syntetické kapaliny,
- emulzní kapaliny,
- minerální oleje. [7]

### 3.2.1 Vodní roztoky

Vodní roztoky jsou nejjednodušší řezná kapalina. Roztok k mazání a chlazení obrobku vyžaduje řadu úprav, jako základ je považována voda, která je upravována změkčováním, ochranou proti korozi, proti pěnivosti a v poslední řadě zdokonalení ve smáčivosti. [7]

### 3.2.2 Mastné oleje a tuky

Tento druh řezných kapalin je na bázi živočišného a rostlinného původu. Prakticky se dá říct, že mastné oleje a tuky mají stejné vlastnosti jako oleje minerální. Od minerálních olejů se liší tak, že mají menší povrchové napětí a tím i lepší smáčivost. [7]

Jejich velkou nevýhodou je značné stárnutí a tvorba pryskyřičných látek. Látky, které se používají při obrábění, jsou:

- řepkový olej,
- ricinový olej,
- lněný olej a další. [7]

### 3.2.3 Emulzní kapaliny

Emulzní kapaliny jsou na bázi dvou vzájemně nerozpustných kapalin. Fungují na principu, že jedna z nich tvoří mikroskopické kapky, které jsou rozptýleny v kapalině druhé. V obvyklých případech se jedná o smíšení oleje a vody, u kterých je potřeba využít emulgátory, aby došlo k jejich spojení. [7]

Chladicí účinek je u emulzních kapalin závislý na koncentraci emulze. K přípravě emulzní kapaliny se musí dodržet postup, aby nedošlo k jejich znehodnocení a špatné vlastnosti kapalin. [7]

---

Nutný postup k přípravě:

- použít vhodně upravenou vodu,
- přidávat emulgátor postupně za stálého míchání,
- emulzní koncentraci volit dle druhu operace a množství ochranných látek. [7]

### 3.3 Přívod chlazení do místa řezu

Přívod chladicí kapaliny do místa řezu ovlivňuje trvanlivost nástroje a jakost obrobené plochy. Do místa řezu je možno přivádět kapalinu různými způsoby:

- tlakové chlazení,
- podchlazování řezné kapaliny,
- chlazení mlhou,
- chlazení vzduchem,
- vnitřní chlazení,
- chlazení kyslíčnickem uhličitým. [7]

U těchto metod je hlavní podstatou zvýšení chladicího a mazacího účinku řezné kapaliny. Při obrábění se u většiny způsobů přivádí řezná kapalina ze strany povrchu obrobku. [7]

## 4 Rozdělení materiálů na obrábění

Nástrojové materiály se dělí do 6 odlišných skupin, které se rozdělují dle normy ISO DIN 513. Každá z těchto skupin dělí na podskupiny. Pro identifikaci je použito písmeno a barva. Jsou seřazeny podle pevnosti a relativního opotřebení. [5]

Dělení:

- P (modrá barva),
- M (žlutá barva),
- K (červená barva),
- N (zelená barva),
- S (hnědá barva),
- H (šedá barva). [5]

## 4.1 Popis jednotlivých skupin

**Skupina P** – Tato skupina je doporučena pro materiály, které při obrábění tvoří dlouhou třísku. Tyto nástrojové materiály jsou určeny pro obrábění ocelí uhlíkových, slitinových a feritických nerezavějících ocelí. Skupina má obsah karbidu wolframu (WC), karbidu titanu (TiC), dále některé druhy obsahují i karbid tantalu (TaC). Skupina je označována modrou barvou. [5]

**Skupina M** – Tato skupina je doporučena pro materiály, které při obrábění tvoří dlouhou a krátkou třísku. Do této skupiny patří oceli lité, tvárné litiny a nerezavějící austenické a austeniticko – feritické oceli. Tato skupina je vhodná pro obráběné materiály, u kterých při obrábění vzniká adhezní otěr, také jsou odolné proti abrazivnímu opotřebení, pro obrábění ocelí i za menších řezných rychlostí, i pro většinu těžkoobrobitelných materiálů. Tato skupina se vyznačuje obsahem karbidu wolframu (WC), karbidu titanu (TiC), karbidu chromu (CrC) a v neposlední řadě i karbidem tantalu (TaC). Skupina je označována žlutou barvou. [5]

**Skupina K** – Tato skupina je doporučena pro materiály, které při obrábění tvoří krátkou a drobnou třísku. Tato skupina je určena pro obrábění materiálů, kde je výskyt abrazivního otěru (u obrábění litin a ocelí zušlechťených na vysokou pevnost). Za základní složku této skupiny se považuje karbid wolframu (WC). Skupinu je označována červenou barvou. [5]

**Skupina N** – Tato skupina je doporučena pro obrábění neželezných kovů (zejména hliníku). Dále pro materiály se sníženou pevností a tvrdostí, které vytváří plynulou nebo krátkou třísku. Tato skupina je určena pro obrábění materiálů, kde je výskyt adhezního difúzního opotřebení (obrábění vytvrzovaných materiálů). Za základní složku této skupiny se považuje karbid wolframu (WC). Skupina je označována zelenou barvou. [5]

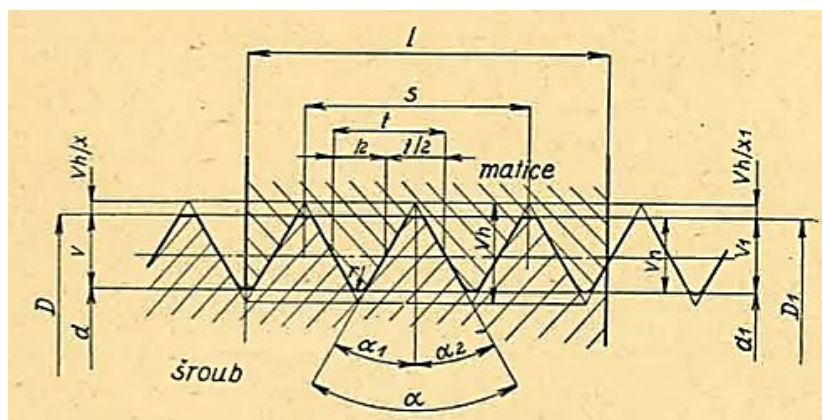
**Skupina S** – Tato skupina je doporučena pro obrábění materiálů žáruvzdorných a žárupevných odolných super slitin (kobalt, nikl, titan). Materiály se vyznačují vysokou pevností, tvrdostí, houževnatostí, špatnou tepelnou vodivostí dodávající krátkou třísku. Tato skupina je určena pro obrábění materiálů, kde je výskyt vysokého abrazivního a difúzního opotřebení. Skupina je označována hnědou barvou. [5]

**Skupina H** – Tato skupina je doporučena pro obrábění tvrdých materiálů nad 40 HRC (kalené, vysoce tvrzené litiny). Tyto materiály se vyznačují vysokou tvrdostí a pevností. Při obrábění dochází ke tvorbě krátké třísky, která je ve většině případů přetavená. Tato skupina je určena pro obrábění materiálů, kde je výskyt vysokého tepelného zušlechťení a abrazivního opotřebení. Skupina je označována šedou barvou. [5]

## 5 Závitníky a výroba závitů

„Závitová plocha vznikne pohybem závitového profilu po šroubovici. Šroubovice je čára, kterou tvoří bod, otáčí-li se kolem pevné osy a zároveň se rovnoměrně posouvá v jejím směru.“ [9]

Pokud je závitová plocha určena vzdáleností profilu od vlastní osy otáčení, je dána parametry, tvarem profilu a posunutím profilu na jednu otáčku, pak je závit určen velkým a malým průměrem šroubu nebo matice, základním profilem závitu, který je obvykle stejný pro šroub a matici, a stoupáním šroubovice. Na obrázku 5 je vidět zakótovaný osový řez.



Obrázek 5 Osový řez se zakótovaným závitem [9]

V obrázku výše se značí:

$D$  – velký průměr (jmenovitý) závitu šroubu (při společném profilu je  $D = D_1$ ),

$D_1$  – velký průměr závitu matice (při společném profilu je  $D_1 = D$ ),

$d$  – malý průměr závitu šroubu (při společném profilu je  $d = d_1$ ),

$d_1$  – malý průměr závitu matice (při společném profilu je  $d_1 = d$ ),

$D_0$  – střední roztečný průměr závitu, který protíná závity tak, že se vzdálenost sousedních průsečíků každé povrchové přímky s profilem závitu rovná poloviční rozteči závitu,

$s$  – stoupání (tj. vzdálenost dvou sousedních stejnohlých bodů téže šroubovice, rovnoměrná s osou závitu), u závitu jednoduchého se rovná stoupání rozteči závitu ( $s = t$ ),

$t$  – rozteč závitu, tj. vzdálenost dvou stejnohlých bodů sousedních profilů závitu, rovnoběžná s osou závitu,

$\alpha$  – vrcholový úhel, který svírají boky profilu závitu,

$\alpha_1, \alpha_2$  – úhel boku, tj. úhel, který svírá jeden nebo druhý bok profilu závitu s kolmicí k ose závitu,

$v_h$  – myšlená hloubka závitu,

$v_n$  – nosná hloubka závitu, tj. poloviční rozdíl mezi velkým průměrem šroubu  $D$  a malým průměrem matice  $d_1$ ,

$v$  – hloubka závitu šroubu,

$v_1$  – hloubka závitu matice,

$v_h/x$  – okos závitu šroubu,

$v_h/x_1$  – okos závitu matice,

$r$  – poloměr zaoblení profilu závitu,

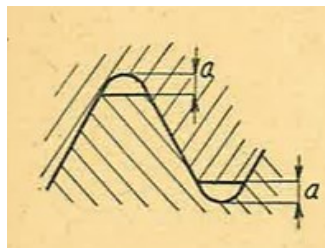
$l$  – délka zašroubování, ve které se stýkají závity matice a šroubu,

$z$  – počet závitů na jednotku délky.

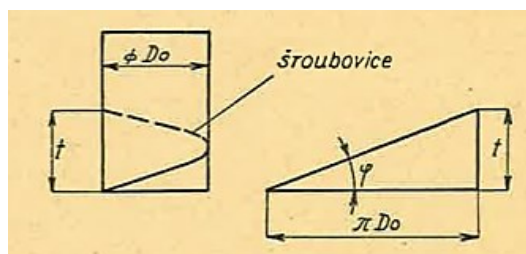
Další uvedené značky, které se určují u závitu a jsou nedílnou součástí:

$\alpha$  – pro vyjádření vůle mezi vrcholy závitu šroubu a matice (viz. Obrázek 6)

$\psi$  – pro označení úhlu stoupání, který se měří na středním průměru  $D_0$  (Obrázek 7)



Obrázek 6 Vrcholová vůle v závitu [9]



Obrázek 7 Úhel stoupání závitu [9]

## 5.1 Závitníky

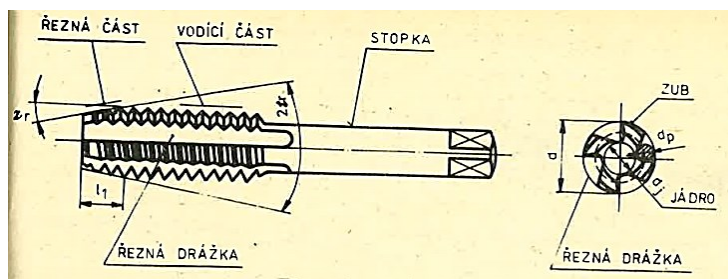
Výroba menších vnitřních závitů do litiny a oceli se provádí pomocí závitníků. U měkkých materiálů lze provádět výrobu závitů pomocí tváření. [6]

Závitování je z technologického hlediska jednoduchou operací. Při řezání závitu jsou kladeny nároky na závitník neboli nástroj. Při řezání je třeba dbát na tvar nástroje, rozměry a řeznou část nástroje. Důležitým faktorem pro závitník je odvod třísky, která ovlivňuje životnost nástroje a může zapříčinit i zalomení závitníku v obráběném materiálu. V sériové a hromadné výrobě jsou na závitníky kladeny vysoké nároky s ohledem na jeho produktivitu. [6]

## 5.2 Hlavní části závitníku

Řezná část je nejdůležitější částí závitníku, která přechází na část závitovou vodící a část, která je opatřena válcovou stopkou. Nástrčné závitníky se používají pro závitování děr větších průměrů. [6]

Řezná část je s břity kuželovitá a má vrcholový úhel, proto ji značíme řezným úhlem. Vodící část závitníku neboli část kalibrovací je pokračováním řezného kužele a slouží k tomu, aby vedl nástroj v závitové díře. Zuby závitníku jsou tvořeny řeznými drážkami, které se podobají hřebínku. Jejich velikost je závislá na průměru a na stoupání závitu. Řezná drážka u závitníku zastává funkci, kdy se drážkou odvádí tříska ze závitu. Úhel sklonu u závitníku slouží k určení směru odvodu třísky a podle velikosti závitu se určuje počet řezných drážek. Jádro závitníku je oslabeno drážkami a velikost průřezu jádra je určena hloubkou drážky a má vliv na tuhost a pevnost. Vše je popsáno na obrázku 8. [6]



Obrázek 8 Popis konstrukce závitníku [6]

## 5.3 Rozdělení závitníku

Vyrábí se závitníky různých tvarů a rozměrů a způsobu provedení, a proto dochází k rozdělení do 6 hlavních skupin.:

- Ruční závitníky k ručnímu řezání závitových děr.
- Strojní závitníky, které jsou zpravidla jednořadé.
- Maticové závitníky jsou vhodné pro řezání krátkých průchozích děr.
- Čelistníky se používají výhradně k obrábění závitu v řezacích závitových čelistech, které jsou určeny pro řezání vnějšího závitu.
- Speciální závitníky jsou k řezání zvláštních závitů.
- Kombinované závitníky. [8]

## 5.4 Povrchové úpravy závitníku

Konstrukční prvky a výrobní technologie mají podíl na výkonu a trvanlivosti závitníku. Další nedílnou součástí, která má velký podíl na kvalitě závitníku je nástrojový materiál, z něhož je závitník vyroben. Vlastnosti závitníku jsou ve velké míře určeny druhem oceli a tepelným zpracováním. [8]

Závitníky se vlivem velkých požadavků na výkon vyrábí z rychlořezných ocelí. Pro materiály, které kladou nejvyšší požadavky pro obrábění vysokých pevností, těžkoobrobitelných materiálů, ořezavých a houževnatých, se pak uplatňují i vysoce výkonné rychlořezné oceli. Další možnost, jak zlepšit trvanlivost materiálu nástroje, je povrchová úprava po tepelném zpracování. [8]

## 5.5 Nástroje na výrobu závitů

Pro spojování děr se ve všech odvětvích průmyslu používají závity. Proto je obrábění závitů obsaženo v každém strojírenském závodě. [6]

K výrobě závitů se používá různých metod a nástrojů, volba závisí na tom, jestli je závit vnější nebo vnitřní. Při výrobě závitů se nesmí zanedbávat kvalita závitových ploch, rozměrová přesnost závitů a charakter výroby. [6]

Výroba vnějších a vnitřních závitů:

- soustružením,
- frézováním,
- okružováním,
- obráběním na šroubořezech,
- broušením,
- tvářením,
- ručním obráběním. [6]

K uvedeným způsobům řezání závitů, jsou přiřazeny řezné nástroje:

- soustružnické nože,
- frézy,
- brusné kotouče,
- závitořezné hlavy,
- závitníky,
- kruhové závitové čelisti. [6]

Vztahy pro výrobu konstrukce závitníků jsou dány pomocí utvářecích zákonů. Ty vychází z kinematických vztahů při utváření povrchu závitu závitníkem. [6]

## 5.6 Řezání závitů na soustruhu

Řezání závitů se až na malé výjimky provádí na soustruhu. Závity se provádí za použití menších řezných rychlostí stroje a manuálním řízení pohybů nože a stroje. V tomto se tato metoda odlišuje od práce s automatickými přístroji a jednoúčelovými stroji. [9]

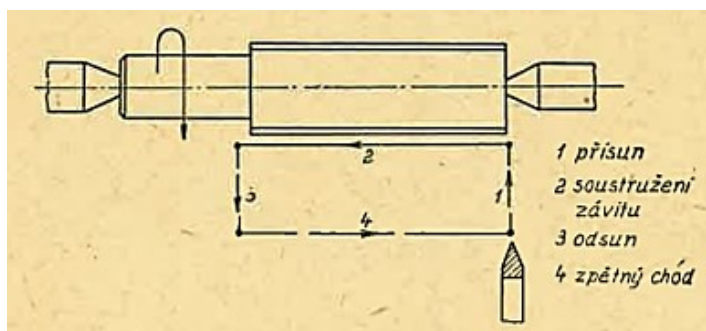
Dále se může provádět řezání závitů na horizontální vyvrtávačce nebo se také může provádět na podtáčecím soustruhu. [9]

## 5.7 Soustružení závitů

Pro soustružení závitu na soustruhu nebo revolveru je potřeba zručnost soustružníka. Možnost, jak zvětšit produktivitu práce, je jen za použití automatizace práce různými přídatnými přístroji a jednoúčelovými stroji pro tvorbu závitů. [9]

### 5.7.1 Přídavné přístroje pro hrotové soustruhy

Účel těchto strojů je v tom, aby zlepšily pracovní podmínky a zvýšily produktivitu práce, která je pro zaměstnavatele velmi důležitá. Výhoda u těchto strojů je, že je lze uplatnit bez použití větších investic, to znamená, že je lze uplatnit dříve než jednoúčelové stroje. Na obrázku 9 je vidět cyklický pohyb nože při soustružení závitu. [9]



Obrázek 9 Cyklický pohyb nože při soustružení závitu [9]

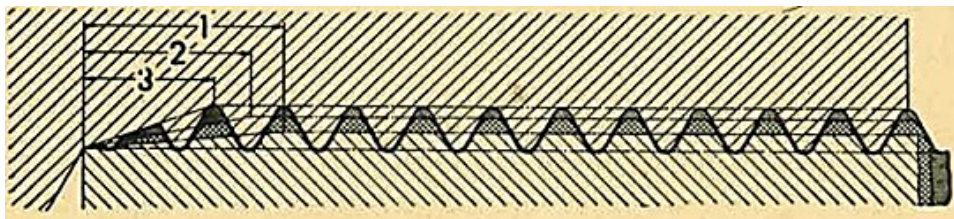
## 5.8 Řezání vnitřních závitů

K tvorbě vnitřních závitů se používá převážně ve všech případech závitníků. Práci, která je prováděna, lze přirovnat k práci závitového nože při řezání nebo soustružení ve více třískách. [9]

U závitníků dochází k dělení třísky do několika způsobů. U metrických závitů a podobných ostrých závitů je běžné rozdělení třísky (viz obrázek 10).

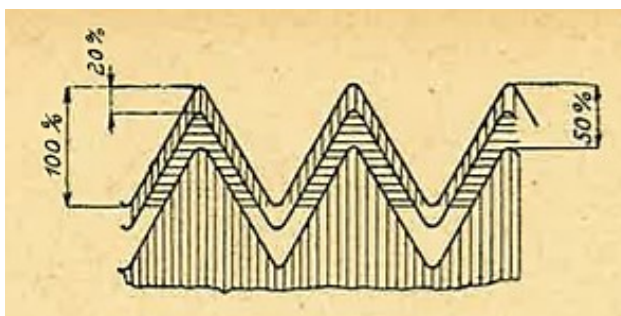
Dle obrázku 10 je možno vidět, jak se jednotlivé závitníky jedné sady liší pouze odlišnou délkou řezného úkosu. U řezání neprůchozích závitů je takové rozdělení třísky nevýhodou, a to z toho důvodu, že závitník č. 1 bývá přetížen a dochází k jeho brzkému opotřebení. Tento závitník nám odebírá 79 % materiálu. Závitník č. 2 odebírá při řezání 11 % materiálu a dokončovací závitník č. 3 slouží jako závitník pro dokončení závitu. Po této operaci je závit plně funkční a může se používat pro jeho určení. Tento závitník nám odebírá pouze 10 % materiálu. [9]





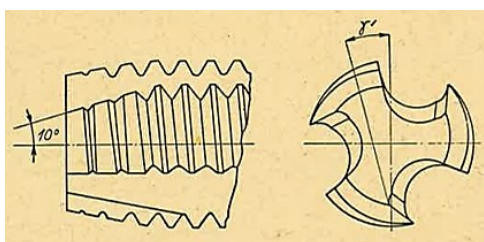
**Obrázek 10 Rozdělení odvodu třísky u sadového závitníku [9]**

Pod textem je obrázek 12, který zobrazuje etapy odvodu třísky z obráběného materiálu. [9]



**Obrázek 11 Etapy odvodu třísky z obráběného materiálu [9]**

U strojního řezání závitů dochází k užití rychlořezných broušených závitníků, které se nazývají jednořezné a lze je vidět na obrázku 12 jednobřitého závitníku s loupacími břity. Na čele břitu závitníku můžeme vidět tzv. šikmé zbroušení, které je tvaru loupacího břitu a napomáhá nám k tomu, aby docházelo k odvodu třísek z drážek závitů. Břit loupacího tvaru se osvědčuje tam, kde jsou průchozí závity a, nebo tam, kde je otvor dost hluboký, aby dokázal pojmout třísku. [9]



**Obrázek 12 Jednořezný závitník s loupacími břity [9]**

Na obrázku 13, lze vidět závitník se šroubovými drážkami. Závitníky, které jsou pravé mají drážky v levé šroubovici, a naopak závitníky levé mají drážku v pravé šroubovici. Při tomto provedení mají oba boky závitového profilu dobré podmínky pro oddělování třísky. [9]

Otvory, které mají neprůchozí díru, musí být drážky závitníku ve šroubovici, a to kvůli tomu, aby nedocházelo k přechování třísky na dně materiálu. To by mohlo mít za důsledek to, že by závit nemusel být kvalitně proveden. [9]



**Obrázek 13 Závítník se šroubovými drážkami [11]**

Závítníky, které mají šroubovitou drážku jsou nákladnější na výrobu. Jsou drahé z důvodu, že se musí podbrušovat zapichovací metodou širokým kotoučem, ale na druhou stranu mají výhodu v tom, že mohou pracovat s vyššími výkony, lepší přesností a čistotou závitu. [9]

U závítníků někdy dochází k otírání v otvoru. Tomu lze snadno zabránit tak, že se závítník směrem ke stopce zmenšuje a vytváří kuželový tvar a podbrušujeme. U mazlavých a houževnatých materiálů je potřeba provést zmenšení, aby byly menší třecí plochy. Z tohoto důvodu se pro práci v mědi, měkké oceli, hliníku a podobně osvědčují závítníky s vylehčenými profily, které můžeme vidět na obrázku 14. [9]



**Obrázek 14 Závítník s vylehčenými profily [12]**

## 5.9 Druhy závitů

Ve strojírenském průmyslu je mnoho druhů závitů, které se mohou ve výrobě použít. Rozdělujeme je na tyto druhy závitů:

- Metrický závit,
- Whitworthův závit,
- Trubkový závit, [17]
- Pancéřový závit, [19]
- Edisonův závit,
- Oblý závit,
- Lichoběžníkový závit. [25]

### 5.9.1 Metrický závit

Metrický závit má základní profil s vrcholovým úhlem  $60^\circ$ . Závit je u vnějšího a vnitřního závitu shodný, ale tolerance jsou rozdílné. U metrického závitu vrcholový úhel není ostrý, ale je zaoblený. Střední průměr u závitu hraje velmi důležitou roli. Tolerance, která je určena pro střední průměr závitu, ovlivňuje toleranci ostatních prvků závitu. U závitů vnitřních se rozlišují polohy tolerančních polí G a H. Za-to u závitů vnějších jsou rozlišovány polohy tolerančních polí na h, g, f, e. [17]

### 5.9.2 Whitworthův závit

Závity BSW a BSF se po příchodu nového závitu, který se nazývá ISO, staly zbytečnými. Whitworthův závit je stále používaným závitem s doplňujícími typy BSF, které jsou určeny spíše pro závity s menším stoupáním. U whitworthova závitu je stoupání závitu vyjádřeno v počtu chodů na palec. Závit se vyznačuje s úhlem stoupání  $55^\circ$  a se zaoblenými vrcholy. [17]

Vnější závit má dva stupně přesnosti, které jsou bez boční vůle. Skupiny se značí A (přesná), B (hrubá). Poté lze vnitřní závit obdržet pouze v jednom stupni přesnosti, bez boční vůle. [17]

### 5.9.3 Trubkový závit

Trubkový závit ISO, který je v provedení Whitworth se ve velkém rozsahu používá ve výrobě trubek a trubkových spojů. [17]

Závitové spoje s označením ISO 228/1 jsou spoje netěsnící. Při označování závitů znamená písmeno G, že se jedná o válcový trubkový závit, číselná hodnota udává u trubky její vnitřní průměr, který má v tabulce přiřazenou rozteč závitu. [17]

## 5.10 Tvar třísky při řezání závitu

Při sledování třísek, které vznikají při řezání závitových děr, lze dojít a napomoci ke zlepšení a vytvoření nové geometrie nástroje. Zejména je zaměřen pohled na úhel čela a úhel sklonu břitu. Pokud při řezání závitu vzniká plynulá tříska ve spirále malého průměru, lze říct, že je geometrie závitníku správná. Zároveň lze posuzovat vhodnost tvaru, velikost drážek a vliv na odvod třísky. [8]

Ucpávání drážek třískou dochází ke špatnému odvodu třísky, tomuto se dá předejít, že se u závitníků s přímými drážkami provádí rozšíření nebo prohloubení drážky. Provádí se tak, že se závitník vybrušuje. Je nutno dbát na to, že pokaždé tato možnost není, a to z důvodu, že není dostatečně velký průřez jádra závitníku. Pokud tato úprava závitníku

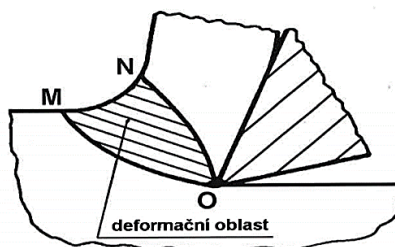
není účinná je lepší využít závitník s neprůběžnými drážkami nebo závitník se šroubovými drážkami. [8]

### 5.11 Vznik třísky a její tvarování

Třískové obrábění lze popsat jako odebírání částí obrobku z materiálu ve formě třísky, která vzniká pohybem nástroje nebo obrobku. Při obrábění materiálu dochází na čele k okamžité plastické deformaci, a dochází ke vzniku třísky tvářené. Tohle se ale neděje u všech obráběných materiálů. Například při obrábění hornin, dřeva, keramiky a některých plastů k plastické deformaci nedochází. Z mechanického hlediska má tvářená tříska větší význam než tříska netvářená. [5]

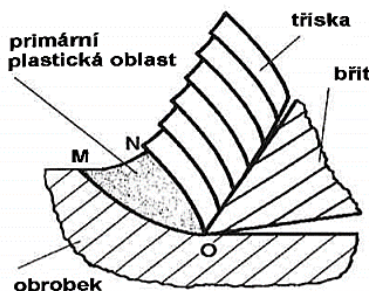
Při odebírání třísky z materiálu může tříska znehodnotit materiál nebo přerušit provoz, ale také může informovat o správném použití řezných podmínek, nebo o vhodném zvolení obráběcí destičky. [5]

Na obrázku 15 je vidět tvorba třísky, která se dá značně ovlivnit, a to například řeznou rychlostí, optimální volbou pracovních úhlů nebo řeznou geometrií. [5]



Obrázek 15 Oblast primární plastické deformace [5]

Plasticita při obrábění může být dána krystalickou stavbou materiálu, chemickým složením a podmínkami plastické deformace. Vzhledem k tomu, jak se tříska deformuje lze zjistit plasticitu obráběného materiálu. Dále při průchodu obráběného materiálu dochází v oblasti největší deformace k intenzivnímu zpevnění. Na obrázku 16 je vyobrazení oblasti s vyčerpanou plasticitou. [5]



Obrázek 16 Vyobrazení oblasti s vyčerpanou plasticitou [5]

## 6 Programování CNC strojů

NC program je postup, který je systematicky a posloupně uspořádán. Program musí obsahovat technologické, geometrické a pomocné informace nutné ke správné funkci software NC/CNC stroje. NC program se zapisuje do bloku, který se zapisuje pomocí jednotlivých příkazů, které zaručují správný pohyb stroje. Lze také říci, že je to soubor číselných příkazů, které dávají příkazy pro práci stroje. [5]

Každý blok obsahuje.:

- **Technologické informace** – slouží pro stanovení řezných podmínek (otáčky vřetene nebo řezné rychlosti, velikost posuvu, axiální hloubka řezu, radiální hloubka řezu, a další). [5]
- **Geometrické informace** – slouží k popisu dráhy. Dráhy pro pohyb nástroje jsou dány rozměry a tvarem obráběné součásti. Nástroj je udáván v osách X, Z a u soustruhu X, Y, Z u frézek, ale mohou být dány i v dalších osách. Geometrické funkce jsou zapisovány pomocí G funkcí, které jsou stanovovány podle normy ISO. [5]
- **Pomocné informace** – jsou to informace, které jsou pro stroj důležité jako je zapnutí nebo vypnutí čerpadla pro chlazení, směr otáček, rychlost otáček a další. [5]

Každý blok je složen z číselného kódu a adresy, ta slouží k tomu, že určuje, kam bude informace posílána. Naopak číselný kód má za úlohu dodat konkrétní hodnotu. Je možnost uvést slovo.:

- **Rozměrové** – rozměrové zadání si lze představit jako velikost otáček vřetene, velikost posuvu nebo polohu v příslušné ose a další.
- **Bezrozměrové** – naopak bezrozměrové zadání se dělí na přípravné funkce a pomocné funkce. Funkce přípravné, ty mají za úkol sdělit, jakým způsobem bude prováděn pohyb. Na druhé straně funkce pomocné, ty slouží k vyvolání určité činnosti. To může být například spouštění otáček. [5]

## **7 Firma Unex a.s.**

Firma Unex se již 70 let specializuje na metalurgii a těžké strojírenství. Společnost disponuje unikátními výrobními kapacitami, moderní a vysoce kvalifikovanou technologií. Díky tomu je firma Unex schopna dodávat na trh kvalitní výrobky i těm náročnějším zákazníkům z nejrůznějších průmyslových odvětví. [1]

Unex a.s. se specializuje na výrobky, jako jsou odlitky, výkovky, svařované díly a těžké ocelové konstrukce. Nejlehčí produkty váží 50 gramů, ty nejtěžší a největší i 120 tun. Některé finální výrobky jako jsou dopravníky, jeřáby, rypadla a další těžké stroje, firma kompletuje až u zákazníka. Firma je rozdělena na 3 závody, které se nachází v České republice i na Slovensku. [1]

### **7.1 Závod Uničov**

- Důlní technika a kolesová rypadla,
- konstrukce pro svařování do 120 t a délky 40 m,
- odlitky z uhlíkové, nízko, středně, a vysokolegované oceli od 5 kg do 18 t,
- odlitky z manganové oceli, z tvárné a šedé litiny od 5 kg do 3,5 t,
- výpalky ze standardních i speciálních materiálů. [2]

### **7.2 Závod Olomouc**

- Odlitky z tvárné a šedé litiny od 50 g do 6,5 kg,
- zápusťkové výkovky od 2 kg do 25 kg. [2]

### **7.3 Závod Snina**

- Svařované ocelové díly a konstrukce do hmotnosti 64 t a délky 45 m. [2]

## **8 Úvod do řešení problematiky**

Problematika obrábění je obsáhlá kapitola, zabývající se několika aspekty třískového obrábění, mezi které patří soustružení, vrtání, závitování a další technologie jako frézování, broušení či nekonvenční metody obrábění.

První tři zmiňované operace jsou podrobeny rozboru v této technické části, na základě praktických zkušeností z provozu.

Rozbor se nezaměřuje pouze na technologickou část, ale též na tu technickou, jako je definování dráhy nástrojů v CAM softwaru, tak vhodnost použitých nástrojů.

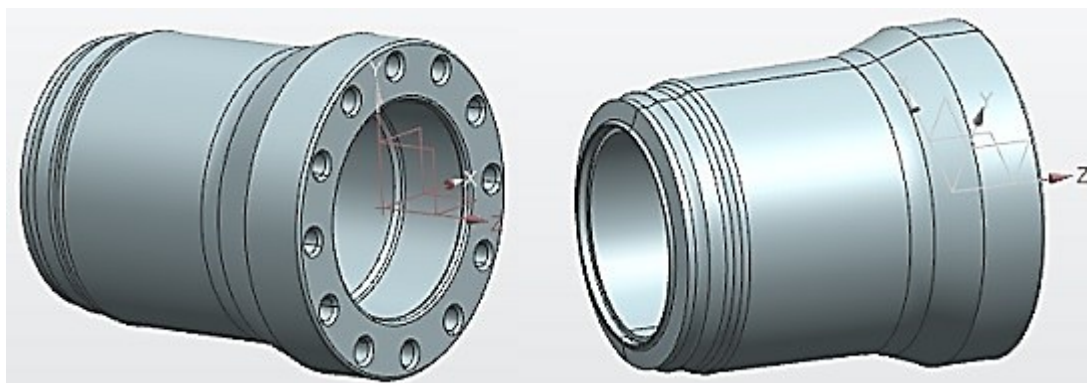
Prvně budou přiblíženy neměnné body procesu, čímž je stroj, nástroje, obráběný materiál a postupnými kroky se dojde ke stěžejnímu bodu této práce, což je problematika závitování.

Na základě zjištěných nedostatků byla provedena optimalizace a standardizace výroby této komponenty. Vše včetně navržených a realizovaných opatření v procesu výroby je popsáno v níže uvedených kapitolách.

## 8.1 Popis součásti

Pro výrobu součásti, která je předmětem této práce je obrobek s podnikovým označením 5190213714. Jedná se o rotační součást válcovitého tvaru s dvanácti rovnoměrně rozdělenými otvory se závitem M16 na opracovaném čele. Jako polotovar je použit výkovek z materiálu StE460.

V Příloze 2 je k nahlédnutí výkres součásti. Na obrázku 17 je 3D model obráběné součásti.



**Obrázek 17 Obráběná součást ve 3D model pohledu**

## 8.2 Výrobní CNC obráběcí centrum

Pro výrobu součásti je použito soustružnické obráběcí centrum SP430Y obrázek 18. Tento stroj disponuje vysokou tuhostí, dynamikou a rychlostí v jednotlivých osách. Přidaná hodnota tohoto stroje spočívá v možnosti využití poháněných nástrojů, což umožňuje větší komplexnost obrábění při jednom upnutí. Jinými slovy lze zde vrtat a závitovat mimo osu soustružení. Při případném využití přídatných komponent je možnost zde i frézovat.

Veškeré tyto úkony jsou řízeny řídicím systémem stroje, v tomto případě se jedná o systém Siemens.

V Příloze 1 jsou uvedeny technické parametry obráběcího stroje SP430Y.



**Obrázek 18 Soustružnický obráběcí stroj SP430Y [3]**

### **8.2.1 Základní informace**

Základní specifikace stroje:

- maximální  $\varnothing$  soustružení  $\rightarrow 550$  [mm],
- maximální délka soustružení  $\rightarrow 2500$  [mm],
- maximální hmotnost obrobku  $\rightarrow 1100$  [kg],
- maximální výkon S1/S6 – 40 %  $\rightarrow 28 / 42$  [kW]. [3]

### **8.2.2 Technické parametry**

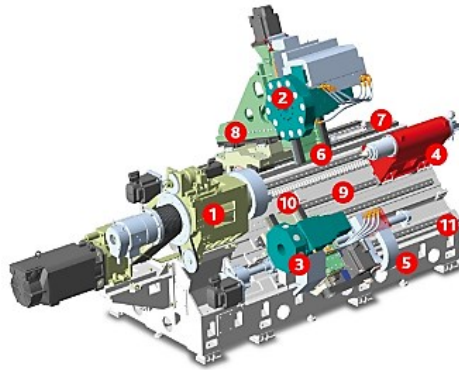
Pracovní prostor:

- maximální délka soustružení: 1100 [mm],
- maximální průměr soustružení – horní hlava: 550 [mm],
- maximální průměr soustružení – spodní hlava: – [mm],
- maximální průchod tyče hlavního vřetene: 80 [90]. [3]

### **8.2.3 Hlavní části stroje**

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. hlavní vřeteno,          | 7. valivé vedení-osa Z1,      |
| 2. horní nástrojová hlava,  | 8. valivé vedení-osa Y,       |
| 3. spodní nástrojová hlava, | 9. valivé vedení-osa ZS,      |
| 4. koník,                   | 10. valivé vedení-osa X2,     |
| 5. lože,                    | 11. valivé vedení-osa Z2. [3] |
| 6. valivé vedení-osa X1,    |                               |



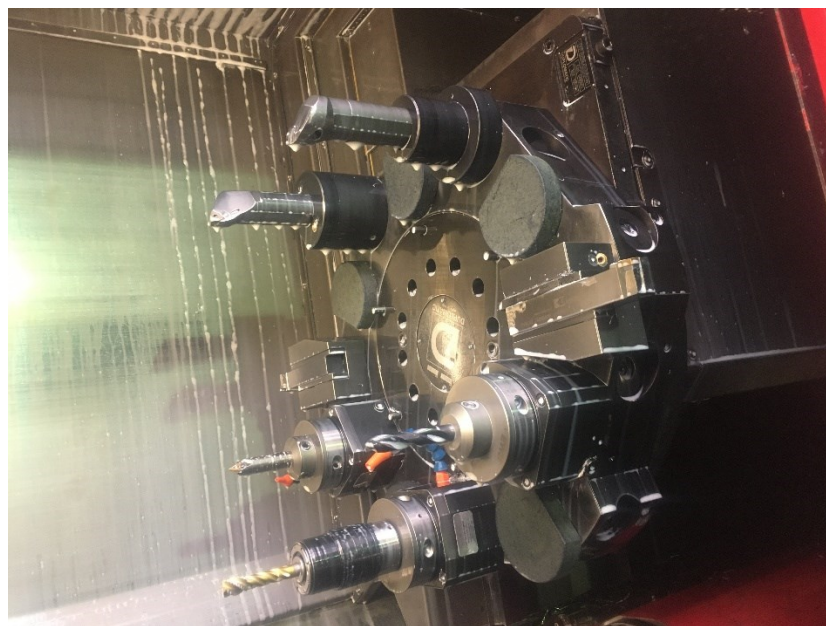


**Obrázek 19 Schéma obráběcího stroje [3]**

Výrobce stroj dodává v několika konstrukčních modifikacích, jedna z nich je vyobrazena na obrázku 19.

### **8.3 Použité nástroje při obrábění**

V této části je popis použitých VBD (vyměnitelných břitových destiček) a nástrojů, které se používají při obrábění součásti. Uvedené nástroje jsou použity jak v původní, tak i nově navrhované technologii výroby. Na obrázku 20, je vidět nástroje upnuté v revolverové hlavě stroje SP430Y.

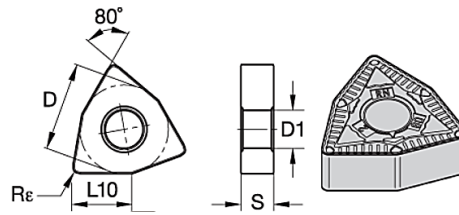


**Obrázek 20 Revolverová hlava stroje s nástroji**

#### **8.3.1 Břítová destička WNMG 080412RN KCP05**

Řezné parametry, které jsou pro břitovou destičku na obrázku 21:

- hloubka řezu:  $a_p = 1,10 \div 2,17$  [mm],
- řezná rychlost:  $v_c = 180,00 \div 500,00$  [m/min],
- posuv na otáčku:  $f_n = 0,30 \div 0,95$  [mm/ot]. [20]

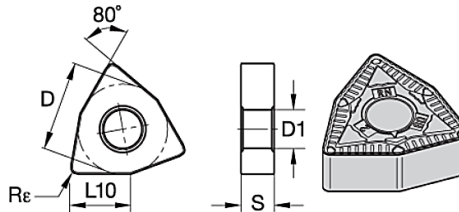


**Obrázek 21 Nákres břitové destičky WNMG 080412RN [20]**

### 8.3.2 Břitová destička WNMG 080404FF KCP10

Řezné parametry, které jsou pro břitovou destičku na obrázku 22:

- hloubka řezu:  $a_p = 0,10 \div 1,80$  [mm],
- řezná rychlost:  $v_c = 180,00 \div 440,00$  [m/min],
- posuv na otáčku:  $f_n = 0,05 \div 0,15$  [mm/ot]. [20]

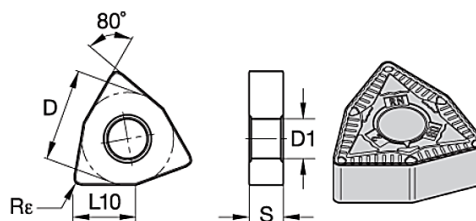


**Obrázek 22 Nákres břitové destičky WNMG 080404FF [20]**

### 8.3.3 Břitová destička WNMG 080404RN KCP10

Řezné parametry, které jsou pro břitovou destičku na obrázku 23:

- hloubka řezu:  $a_p = 1,10 \div 2,17$  [mm],
- řezná rychlost:  $v_c = 180,00 \div 440,00$  [m/min],
- posuv na otáčku:  $f_n = 0,05 \div 0,15$  [mm/ot]. [20]



**Obrázek 23 Nákres břitové destičky WNMG 080404RN [20]**

### 8.3.4 Vrták B052A14000CPG KC7325

Řezné parametry, které jsou pro vrták na obrázku 24:

- řezná rychlost:  $v_c = 70,00 \div 115,00$  [m/min],
- posuv na otáčku:  $f_n = 0,17 \div 0,33$  [mm/ot]. [20]



## 8.4 Specifikace obráběného materiálu

Obráběná komponenta je z konstrukční oceli, které jsou vyráběny se specifickými mechanickými vlastnostmi a chemickými složeními pro konkrétní aplikaci. [15]

Velikost, tvar, složení, pevnost a skladování konstrukčních ocelí jsou v některých průmyslových zemích regulovány. Oceli, které se používají v Evropě musí odpovídat evropské normě EN 10025. [15]

V tomto případě je na základě požadavku zákazníka zvolena ocel StE460, což je zřejmé i z výkresové dokumentace. Konstrukční ocel StE460 je navržena speciálně jako ocel pro použití v náročných podmínkách. Každá konstrukční třída oceli má vlastní předponu „S“ a za ní i následující příponu, která označuje rozdíl ve specifických požadavcích na tuto konstrukční aplikaci. Označení ocelí obráběné součásti, jsou uvedeny v tabulce č. 1. [15]

V Příloze 3 a v Příloze 4 jsou uvedeny požadované vlastnosti materiálu po jejich tavně.

Ocel pro obráběnou součást	
W. Nr.	1.8901
DIN	StE460
EN 10027-1	S460N
EN (ISN, SEW)	10113 - 2
ČSN	-

**Tabulka 1 Označení ocelí obráběné součásti [16]**

### 8.4.1 Chemické složení konstrukční oceli StE460

Chemické složení konstrukční oceli je velmi důležité a vysoce regulované. Je to velmi zásadní faktor, který definuje mechanické vlastnosti ocelového materiálu. Parametry jsou uvedeny v tabulce č. 2. [15]

Chemické složení oceli StE460				
Prvek	Mn	Si	F	C
Obsah	1,60 %	0,50 %	0,025 %	0,12 %

**Tabulka 2 Chemické složení obráběné oceli [15]**

### 8.4.2 Mechanické vlastnosti konstrukční oceli StE460

Mechanické vlastnosti konstrukční oceli jsou velmi důležité pro její kvalifikaci a následné použití. Konstrukční ocel StE460 má v hodnocení dobrou pevnost v tahu a mez kluzu. Všechny požadované mechanické vlastnosti jsou ke shlednutí v tabulce 3. [15]

Požadované mechanické hodnoty						
Jednotky	Re [MPa]	Rm [MPa]	A5 [%]	Z [%]	KV -20 °C [J]	Tvrdost [HB]
Rozmezí hodnot	min. 440	(560-730)	(min. 17)	-	min. 21	166 - 216

**Tabulka 3 Požadované mechanické hodnoty**

## 8.5 Rozbor původní technologie výroby

Sériová produkce je zajištěna na soustružnickém centru SP430Y. Na první dojem výroba komponenty probíhala klidně bez sebemenších náznaků kolizí nebo jiných nedostatků.

Po delším pozorování procesu obrábění, bylo zjištěno několik nedostatků, které měly zásadní dopad na plynulou výrobu a požadovanou kvalitu zpracovávaných dílů. Tím zásadním byla neschopnost zajistit stabilitu opakovatelnosti řezání závitů.

Zjištěné nedostatky:

1. Zastavování nástroje v řezu vlivem nadměrného zatížení v záběru.:
  - K tomu-to jevu docházelo zpravidla v důsledku nedostatečného chlazení, a tedy i mazacího účinku chladicího média.
2. Nedostatečný přívod kapaliny do místa řezu.:
  - Vzhledem k tomu, že tříska utvářená řezáním byla plynulá, docházelo při jejím odvodu k vychýlení trysky chlazení. Tryska je umělohmotná, tvořena několika klouby pro jednodušší nastavení polohy pro přívod emulze do místa řezu. Na obrázku 28 je umělohmotná tryska.



**Obrázek 28 Umělohmotná tryska pro přívod emulze [28]**

3. Deformovaný náběh závitu.:
  - Při závitování na požadovanou hloubku a následném výjezdu z otvoru došlo k natažení (deformaci) 2-3 závitů na okraji závitu, oprava byla řešena opakovaným nájezdem do 1/2 otvoru. K této deformaci docházelo v důsledku řezání závitu do větší hloubky, než byla samotná délka řezné části závitníku.
4. Neschopnost využití závitníků různých dodavatelů a geometrií.:
  - V průběhu procesu bylo použito několik typů závitníků různých geometrií od různých dodavatelů. Zásadním zjištěním bylo, že v celku stabilní

řezivost v procesu obrábění byly schopny zajistit pouze 4-břité závitníky, 3-břité nikoliv.

Vzhledem k negativním dopadům těchto nedostatků v procesu výroby a ve snaze zajistit jejich odstranění, byly i sledovány a porovnávány mechanické a chemické hodnoty jednotlivých taveb výkovků určených pro polotovary zadané součásti.

V porovnávaných hodnotách byly zjištěny minimální odchylky, které neměly vliv na následný proces obrábění. V příloze 3. a příloze 4. jsou uvedeny hodnoty taveb materiálu.

## 8.6 Rozbor nové technologie výroby

Účelem každého rozboru je nejen nalézt chyby, ale stejně tak navrhnout jejich odstranění a následně je realizovat. Návrhy na optimalizaci a standardizaci procesu byly systematicky testovány v procesu, ne vždy s pozitivním dopadem.

Implementované návrhy:

1. Úprava programu.:
  - Za využití CAM softwaru byly upraveny řezné dráhy jednotlivých nástrojů tak, aby byl optimalizován úběr materiálu a minimalizovány přejezdy nástrojů. V rámci tohoto zásahu byly pozměněny i řezné podmínky u některých z definovaných nástrojů, s ohledem na zachování optimální životnosti nástrojů (VBD). Srovnání je možno vidět v kapitole 8.7.
2. Stabilizace přívodu emulze do mísa řezu.:
  - Aby se zamezilo opětovnému vychýlení trysky mimo požadovanou oblast přívodu emulze, byl stávající typ nahrazen pevnou měděnou trubičkou, která splňovala nároky na stabilní přívod emulze do místa řezu.
3. Změna koncentrace emulze.:
  - Standardní hodnota koncentrace chladícího média je 8 %, pro lepší stabilitu řezání závitů byla tato koncentrace navýšena na 12 %.
4. Implementace kompenzační hlavičky pro závitování.:
  - Použitím tohoto modulu pro závitování se podařilo dořešit zbývající nedostatky umožňující plynulost výroby, tzn. deformovaný náběh závitu, omezení využití širšího portfolia nabízených závitníků.

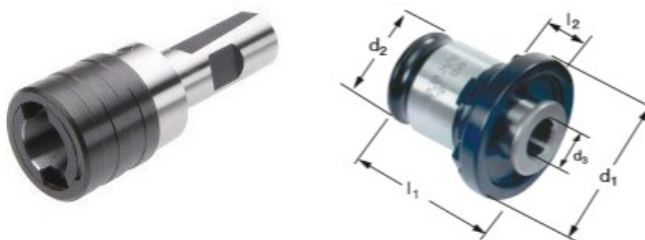
### 8.6.1 Kompenzační hlavička pro závitníky

Kompenzační hlavička je závitořezný aparát určený pro CNC obráběcí stroje. Závitořezná hlava je určena k délkové kompenzaci v tahu a tlaku. Jsou dva způsoby, jak upnout nástroj v tomto aparátu. U jednoho z nich se pro upnutí používá ER kleština s vnitřním čtyřhranem zamezujícím protočení závitníku v řezu (viz obrázek 29). Rozsah možnosti upnutí do hlavičky je v rozmezí M3-M20. [18] Druhou variantou upínání je využití rychlovýměnných vložek (viz obrázek 30). Poslední variantou je využití kleštiny se čtyřhranem, která ulehčuje práci při výměně nástrojů v držáku (viz obrázek 31).

Tato hlavička je použita v inovační nové technologii, která má za úkol zlepšit řezání závitů do obráběného materiálu.



Obrázek 29 Kompenzační hlavička pro závitníky [18]



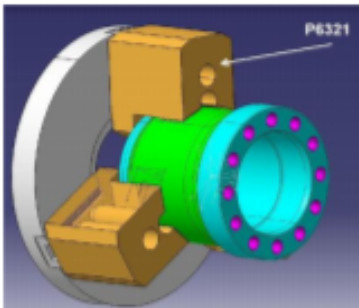
Obrázek 30 Kompenzační hlavička (vlevo) [23] a výměnná vložka (vpravo) [27]



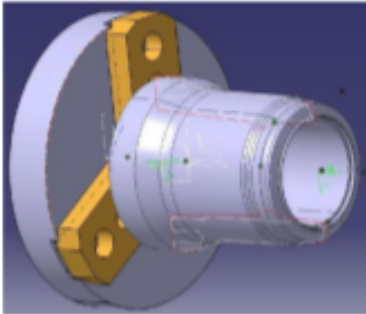
Obrázek 31 Kleština se čtyřhranem [24]



## 8.7 Porovnání původního a nového výrobního postupu

			Původní technologie			Nová technologie		
ČÍSLO OPERACE	PRACOVNÍSTĚ	POPIS PRÁCE, VYZOBRAZENÍ	Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	Otáčky $n$ [ot/min]	Posuv $f_n$ [mm/ot]	Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	Otáčky $n$ [ot/min]	Posuv $f_n$ [mm/ot]
1.0	-	Vstupní kontrola, příjem materiálu	-	-	-	-	-	-
2.0	SP430Y	Upnout obrobek za vnější průměr	-	-	-	-	-	-
								
2.1	SP430Y	Hrubuje čelo + 0,2						
		Břitová destička: WNMG 080412RN	200	-	0,5	250	-	0,5
		Nástroj: PWLNR2525M08	-	-	-	-	-	-
2.1	SP430Y	Hrubuje obvod + 0,4						
		Břitová destička: WNMG 080412RN	200	637	0,5	250	796	0,5
		Nástroj: PWLNR2525M08	-	-	-	-	-	-
2.2	SP430Y	Hrubuje díru						
		Břitová destička: WNMG 080412RN	200	637	0,5	250	796	0,5
		Nástroj: A40TPWLNL08	-	-	-	-	-	-
2.3	SP430Y	Dokončení čela na hotovo						
		Břitová destička: WNMG 080404FF	210	-	0,07	270	-	0,07
		Nástroj: PWLNR2525M08	-	-	-	-	-	-
2.3	SP430Y	Dokončení obvodu na střední toleranci						
		Břitová destička: WNMG 080404FF	210	668	0,07	270	859	0,07
		Nástroj: PWLNR2525M08	-	-	-	-	-	-



ČÍSLO OPERACE	PRACOVNÍSTĚ	POPIS PRÁCE, VYZOBRAZENÍ	Původní technologie			Nová technologie		
			Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	Otáčky $n$ [ot/min]	Posuv $f_n$ [mm/ot]	Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	Otáčky $n$ [ot/min]	Posuv $f_n$ [mm/ot]
2.4	SP430Y	Dokončení vnitřního tvaru na střední toleranci						
		Břítová destička: WNMG 080404RN	210	668	0,5	270	859	0,5
		Nástroj: A40TPWLN08	-	-	-	-	-	-
2.5	SP430Y	Vrtat 12 x průměr 14 mm						
		Nástroj: B052A14000CPG	80	1819	0,2	80	1819	0,2
2.6	SP430Y	Srazit 12 x průměr 14 mm						
		Břítová destička: TWX16R-KC	100	2000	350	100	2000	350
		Nástroj: CE 45-16 00 R-S 20	-	-	-	-	-	-
2.7	SP430Y	Řezat závit 12 x M16						
		Nástroj: Powertap HSS-PM	28	875	2	28	875	2
		Přípavek: Kompenzační hlavička pro závitníky	Nepoužito			Použito		
3.0	-	Otočit obrobek, upnout za vnitřní průměr						
								
3.1	SP430Y	Hrubuje čelo + 0,2						
		Břítová destička: WNMG 080412RN	200	-	0,5	250	-	0,5
		Nástroj: PWLNR2525M08	-	-	-	-	-	-

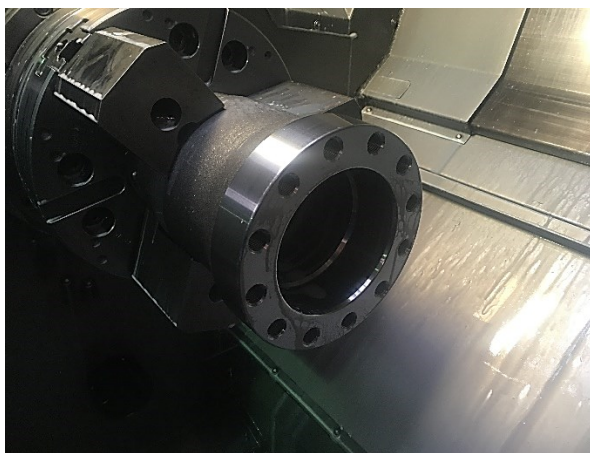
ČÍSLO OPERACE	PRACOVNÍSTĚ	POPIS PRÁCE, VYZOBRAZENÍ	Původní technologie			Nová technologie		
			Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	Otáčky $n$ [ot/min]	Posuv $f_n$ [mm/ot]	Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	Otáčky $n$ [ot/min]	Posuv $f_n$ [mm/ot]
3.1	SP430Y	Hrubuje obvod + 0,2						
		Břítová destička: WNMG 080412RN	200	637	0,5	250	796	0,5
		Nástroj: PWLNR2525M08	-	-	-	-	-	-
3.2	SP430Y	Hrubuje díru						
		Břítová destička: WNMG 080412RN	200	637	0,5	250	796	0,5
		Nástroj: A40TPWLNL08	-	-	-	-	-	-
3.3	SP430Y	Dokončení čela na hotovo						
		Břítová destička: WNMG 080404FF	210	-	0,07	270	859	0,07
		Nástroj: PWLNR2525M08	-	-	-	-	-	-
3.3	SP430Y	Dokončení obvodu na střední toleranci						
		Břítová destička: WNMG 080404FF	210	668	0,07	270	859	0,07
		Nástroj: PWLNR2525M08	-	-	-	-	-	-
3.4	SP430Y	Dokončení vnitřního tvaru na střední toleranci						
		Břítová destička: WNMG 080404RN	210	668	0,5	270	859	0,5
		Nástroj: A40TPWLNL08	-	-	-	-	-	-
4.0	-	Kontrola, balení, expedice	-	-	-	-	-	-

Pozn.: V tabulce technologického postupu nelze stanovit otáčky pro soustružení čela obrobku (hrubovací i dokončovací operace). Jelikož je v rámci CNC programování použit cyklus, který kompenzuje otáčky s ohledem na zachování definované řezné rychlosti.

## 9 Kvalitativní zhodnocení řešeného návrhu

Implementací všech uvedených bodů v kapitole 8.6 se podařilo docílit plynulosti výrobního procesu obrábění zadané součásti. Každý ze zmíněných kroků v rámci procesu přispěl ke standardizaci a optimalizaci procesu.

To se pozitivně projevilo nejen na kvalitě opracovaných ploch, tedy docílení lepší drsnosti povrchu a kvalitě řezaných závitů (bez známek „potrhání“), ale i ke snížení výrobního času. Dále je nutné zmínit, že po navýšení řezné rychlosti u nástrojů nečekaně došlo k navýšení životnosti, což se jen utvrdilo v tom, že vykonané kroky byly správné. Na obrázku 32 je řešená obrobená součást.



**Obrázek 32 Řešená obrobená součást upnuta v CNC soustruhu**

### 9.1 Další možnosti optimalizace

I přestože bylo docíleno velice zajímavých výsledků, je možnost proces výroby této součásti posunout ještě o úroveň výš, především po stránce produktivity při zachování stávající kvality. Samozřejmě tyto kroky budou závislé od finančních možností firmy a její schopnosti návrhy realizovat.

Určitě stojí za zvážení, zda se nezaměřit na pořízení nových nástrojů a VBD, kde by bylo možné docílit podstatně vyšších řezných rychlostí. U závitování již byly uskutečněny kroky směřující k další optimalizaci, což bylo navýšení koncentrace emulze a využití kompenzační hlavičky. Teď by postačilo jen nahradit závitník tvářecí za řezací, ideálně již s možností přívodu chladicí kapaliny středem nástroje.

Za předpokladu, že bude stroj dostatečně výkonný a navrhovaná zlepšení realizována, přinese to další redukci z pohledu výrobního času.

## 10 Technicko – ekonomické zhodnocení

Po technické i ekonomické stránce došlo k citelnému zlepšení hospodářského výsledku nejen u tohoto vyráběného dílu. V produkci firmy jsou podobné díly, pouze s menšími rozdíly. Mnou navržená technologie je přenesena i na tyto další vyráběné komponenty se stejným výsledkem. Tudíž uváděné „úspory“, především po stránce ekonomické budou ve skutečnosti podstatně vyšší.

Vzhledem k zadání této práce, budu demonstrovat přínosy jen u této konkrétní položky. Technické aspekty byly rozebrány podrobně v předchozích kapitolách, proto zde bude uvedeno jen ekonomické hodnocení.

### 10.1 Ekonomické zhodnocení

Při zjišťování ekonomického přínosu se vycházelo z hodinových sazeb platných v provozu firmy Unex a.s., pobočka Olomouc. Celkový čas i doba jednotlivých nástrojů v záběru byla fyzicky změřena při výrobě dílu. Suma celkové úspory byla počítána na jednu výrobní dávku v sériové výrobě o objemu 500 ks. V tabulce 4 je provedena kalkulace produktu.

Sazba stroje na 1 hod. je 800 Kč z toho vyplývá, že 60 s. stroje stojí 13,33 Kč.

Vysvětlivky k tabulce (viz tabulka 4):

- **Kalkulovaná** – doba, za kterou je položka upnuta a obrobena (cena je určena z prvotní kalkulace pro zákazníka).
- **Původní skutečná** – doba, za kterou je položka upnuta a obrobena (cena je určena z původní obráběné technologie).
- **Nová** – doba, za kterou je položka upnuta a obrobena (cena je určena z nové obráběné technologie).
- **Ušetřené náklady** – rozdíl ceny mezi původní skutečnou a novou.
- **Úspora celkem** – součet ušetřených nákladů operace č. 10 a č. 15.
- **Celkový zisk** – rozdíl mezi cenou kalkulovanou a cenou novou a poté součet operace č. 10 a č. 15
- **Celkový zisk na 500 ks** – celkový zisk vynásobený počtem 500 ks.

Číslo operace	Sazba stroje/min [Kč]	13,33	Čas nástroje v řezu		Cena za práci nástroje		Cena za Ks			Ušetřené náklady [Kč]	Úspora celkem [Kč]	Celkový zisk	Celkový zisk na 500 ks
			původní	nový	původní	nová	Kalkulovaná [Kč/ks]	Původní skutečná [Kč/ks]	Nová [Kč/ks]				
10	Kalkulovaný výrobní čas na kus [min/ks]	14,5	1.1	1,60	1,22	21,33	16,23						
			1.2	1,20	1,07	16,00	14,27						
			1.3	1,27	1,10	16,93	14,67						
			1.4	1,15	0,83	15,33	11,07						
			1.5	1,90	1,90	25,33	25,33						
			1.6	0,80	0,80	10,67	10,67						
			1.7	3,33	2,22	44,40	29,60						
15	Celkem	11,8		11,25	9,14	150,00	121,83	193,33	163,30	135,13	28,17	41,07	72233,33
			2.1	1,33	1,08	17,73	14,44						
			2.2	2,57	2,03	34,27	27,07						
			2.3	0,52	0,47	6,93	6,27						
			2.4	0,88	0,75	11,73	10,00	157,33	83,97	71,07	12,89	144,47	
	Celkem		5,30	4,33	70,67	57,77							

Doba upínání: 60s 13,33 Kč

Tabulka 4 Tabulka s hodnotami pro ekonomickou část

V tabulce 5 je zobrazena cena jednoho kusu obrobku kalkulované a nové ceny.

Číslo operace	Kalkulovaná [Kč/ks]	Nová [Kč/ks]
10	193,33	135,13
15	157,33	71,07
Součet:	350,66	206,20

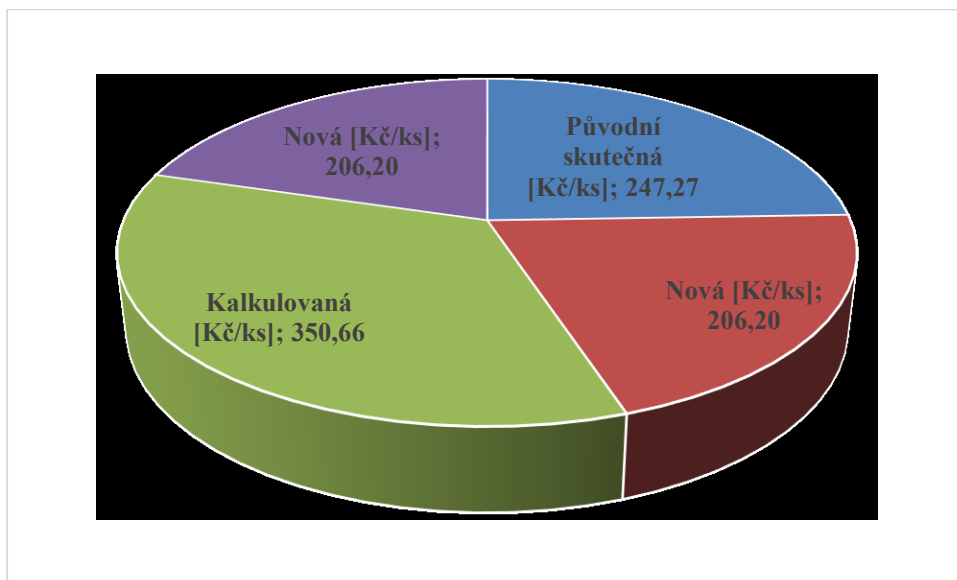
**Tabulka 5 Cena jednoho kusu ve srovnání kalkulované a nové ceny**

V tabulce 6 je zobrazena cena jednoho kusu obrobku původní a nové ceny.

Číslo operace	Původní skutečná [Kč/ks]	Nová [Kč/ks]
10	163,30	135,13
15	83,97	71,07
Součet:	247,27	206,20

**Tabulka 6 Cena jednoho kusu ve srovnání původní skutečné a nové ceny**

V grafu 1 je vidět výsečový graf, který znázorňuje cenu jednoho kusu.



**Graf 1 Cena jednoho kusu obrobeného materiálu před a po inovaci**

---

## **Závěr**

Předložená bakalářská práce byla zaměřena na návrh technologického postupu obrábění zadané součásti ve firmě Unex a.s. Olomouc, která je nedílnou součástí sestav dopravních automobilů.

Práce je rozvržena do dvou částí, do teoretické a praktické. V části teoretické došlo k přiblížení obecné technologie soustružení, používané stroje, způsoby třískového obrábění a závitování. Na což navazovala praktická část s krátkým seznámením firmy Unex a.s. a vyráběným portfoliem. Následovalo seznámení s výrobním zařízením, součástí, nástroji a obráběným materiálem.

Hlavním aspektem celé práce byla celková racionalizace procesu obrábění součásti s ohledem na standardizaci procesu při dodržení požadavků kvality a ponížení výrobních nákladů.

V technicko-ekonomickém zhodnocení je porovnání původní a nově navrhované technologie. Na základě dat byl proveden souhrnný výpočet dosažené úspory na jednu výrobní dávku o objemu 500 ks. Tato uspořená částka činí 20 533,- Kč. Ovšem pokud bude srovnání vztaženo vůči původní kalkulované ceně je tento zisk 72 233,- Kč.

Na základě dosažených výsledků popsané v této publikaci je možno konstatovat, že všechny nároky procesu výroby byly splněny.

Rád bych závěrem zmínil, že vývoj jde stále kupředu, a každá firma si chce udržet svoji pozici na trhu, a to jak tuzemském, tak i zahraničním. Nejen toto je důvodem zaměřit se na celkovou racionalizaci výroby a s tím spojenou úsporou finančních nákladů.

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu PTV firmy Unex a.s. panu Bc. Josefu Škrabalovi, od kterého jsem získal všechny potřebné podklady, informace a užitečné rady pro zpracování praktické části této bakalářské práce.

Děkuji také svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Pavlovi Szkanderovi z katedry obrábění, montáže a strojírenské metrologie VŠB – TU Ostrava za konzultace a poskytnuté cenné rady v oblasti odborné terminologie.



## Seznam zdrojů

- [1] Unex: Profil společnosti. *Unex.cz* [online]. © 2016-2019 [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: <https://www.unex.cz/cs/o-spolecnosti/profil-spolecnosti>
- [2] Unex: Výrobní portfolio. *Unex.cz* [online]. © 2016-2019 [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: <https://www.unex.cz/cs/o-spolecnosti/vyrobní-portfolio>
- [3] Kovosvit Mas. *Kovosvit.cz: SP 430* [online]. 2016 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/sp-430-p13.html>
- [4] KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [5] BRYCHTA, Josef. *Progresivní technologie v obrábění a NC programování obráběcích strojů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3522-8.
- [6] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje*. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1989.
- [7] KOCMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [8] ROČEK, Vladimír a Zdeněk PROCHÁZKA. *Strojní závitníky, jejich používání a údržba*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974. Řada strojírenské literatury.
- [9] VÁCLAVOVIČ, Antonín. *Závity a šrouby: jejich výroba a kontrola*. Praha: Práce - vydavatelstvo ROH, 1951. Technické příručky Práce, svazek 87.
- [10] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. Praha: Scientia, 2000. ISBN 80-7183-207-3.
- [11] *Strojní krátký závitník se šroubovitými drážkami M30 ISO1 CSN 223044* [online]. In: . [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://eshop.pragokovo.cz/strojni-kratky-zavitnik-se-sroubovitými-dražkami-m30-iso1-csn-223044-eanS+-+411313343000.php>
- [12] Závitník HSS Ruční závitník M16 Metrický Rovné drážky, druhý RS PRO. RS [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: [https://cz.rs-online.com/web/p/zavitniky/0152198?cm\\_mmc=CZ-PLA-DS3A--google--CSS\\_CZ\\_CZ\\_N%C3%A1stroje--P%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD\\_A\\_Vrt%C3%A1ky\\_Pro\\_Elektrick%C3%A9\\_N%C3%A1stroje%7CVrt%C3%A1ky\\_Do\\_Dla%C5%BEdic\\_A\\_Na\\_Sklo--PRODUCT\\_GROUP&matchtype=&pla-485195282373&gclid=Cj0KCQjw9ZzzBRCKARIsANwXaeJp7dXrc9bCcc2gt0jtj7o2ire7kOptFA3EWiP9KoKHSQDjyhHOjoIaAn8IEALw\\_wcB&gelsrc=aw.ds](https://cz.rs-online.com/web/p/zavitniky/0152198?cm_mmc=CZ-PLA-DS3A--google--CSS_CZ_CZ_N%C3%A1stroje--P%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD_A_Vrt%C3%A1ky_Pro_Elektrick%C3%A9_N%C3%A1stroje%7CVrt%C3%A1ky_Do_Dla%C5%BEdic_A_Na_Sklo--PRODUCT_GROUP&matchtype=&pla-485195282373&gclid=Cj0KCQjw9ZzzBRCKARIsANwXaeJp7dXrc9bCcc2gt0jtj7o2ire7kOptFA3EWiP9KoKHSQDjyhHOjoIaAn8IEALw_wcB&gelsrc=aw.ds)

- [13] *Obrábění* [online]. In: . s. 3 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <http://physics.ujep.cz/~mkormund/P232/Obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD.pdf>
- [14] Trískové obrábění. *ELUC* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1813>
- [15] Structural Steel 460 - Chemical Composition, Mechanical Properties and Common Applications. *AZO MATERIALS* [online]. 29.1.2013 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=8067>
- [16] ZNAČKA OCELÍ DIN - EN - ČSN. *SALZGITTER MANNESMANN STAHLHANDEL* [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <http://www.salzgitter.cz/index.php?page=33>
- [17] *Průručka obrábění: kniha pro praktiky*. Přeložil Miroslav KUDELA. Praha: Scientia, 1997.
- [18] Kompenzační hlavička pro závitníky. *CZNÁSTROJE* [online]. Svitavy, ©2019 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.cznastroje.cz/Kompenzacni-hlavicka-pro-zavitniky-d232.htm>
- [19] Pancéřový závit Pg. *E-konstruktor* [online]. ©2013-2017, 21.04. 2014 [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/prakticka-informace/pancerovy-zavit-pg>
- [20] *NOVO Kennametal* [software]. ©2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.kennametal.com/cz/cs/resources/novo.html>
- [21] Závitník strojní ve šroubovici DIN 376/35° M24 6H HSSE/TiN (4260). *BO-IMPORT: NÁŘADÍ-NÁSTROJE* [online]. ©2015 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: [https://www.bo-import.cz/zavitniky/metricky-iso-zavit-m/zavitnik-strojni-ve-sroubovici-din-376-35-m24-6h-hsse-tin-4260-11375.html?gclid=CjwKCAjwte71BRBCEiwAU\\_V9h\\_\\_VbtyJ4sjU5fe7iz6BpShbEzMioyFMBDHgCApYpnwrln9JZwVaRoCs3sQAvD\\_BwE](https://www.bo-import.cz/zavitniky/metricky-iso-zavit-m/zavitnik-strojni-ve-sroubovici-din-376-35-m24-6h-hsse-tin-4260-11375.html?gclid=CjwKCAjwte71BRBCEiwAU_V9h__VbtyJ4sjU5fe7iz6BpShbEzMioyFMBDHgCApYpnwrln9JZwVaRoCs3sQAvD_BwE)
- [22] *Korloy Cutting Tools Catalog 2012* [online]. 2012, 890 s. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: [https://www.westtool.com/customer/wetosu/vendor/catalogs/korloy/cutting\\_tools\\_catalog\\_2012/index.html#496/z](https://www.westtool.com/customer/wetosu/vendor/catalogs/korloy/cutting_tools_catalog_2012/index.html#496/z)
- [23] Hlava závitořezná M5-M22 pro rychlovýměnná pouzdra, Weldon, Kemmler, 120.16.2020. *BO-IMPORT: NÁŘADÍ-NÁSTROJE* [online]. ©2015 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: [https://www.bo-import.cz/upinaci-naradi/zavitorezne-hlavy-pouzdra/hlava-zavitorezna-m5-m22-pro-rychlovymenna-pouzdra-weldon-kemmler-120-16-2020-280875.html?gclid=CjwKCAjwkun1BRAIEiwA2mJRWVB3ROAK6h6Hwbwk6rTWyuhgi4u3eZfAqDnnuMbLOUwG3Fys-w7MmxoCHWYQAvD\\_BwE](https://www.bo-import.cz/upinaci-naradi/zavitorezne-hlavy-pouzdra/hlava-zavitorezna-m5-m22-pro-rychlovymenna-pouzdra-weldon-kemmler-120-16-2020-280875.html?gclid=CjwKCAjwkun1BRAIEiwA2mJRWVB3ROAK6h6Hwbwk6rTWyuhgi4u3eZfAqDnnuMbLOUwG3Fys-w7MmxoCHWYQAvD_BwE)

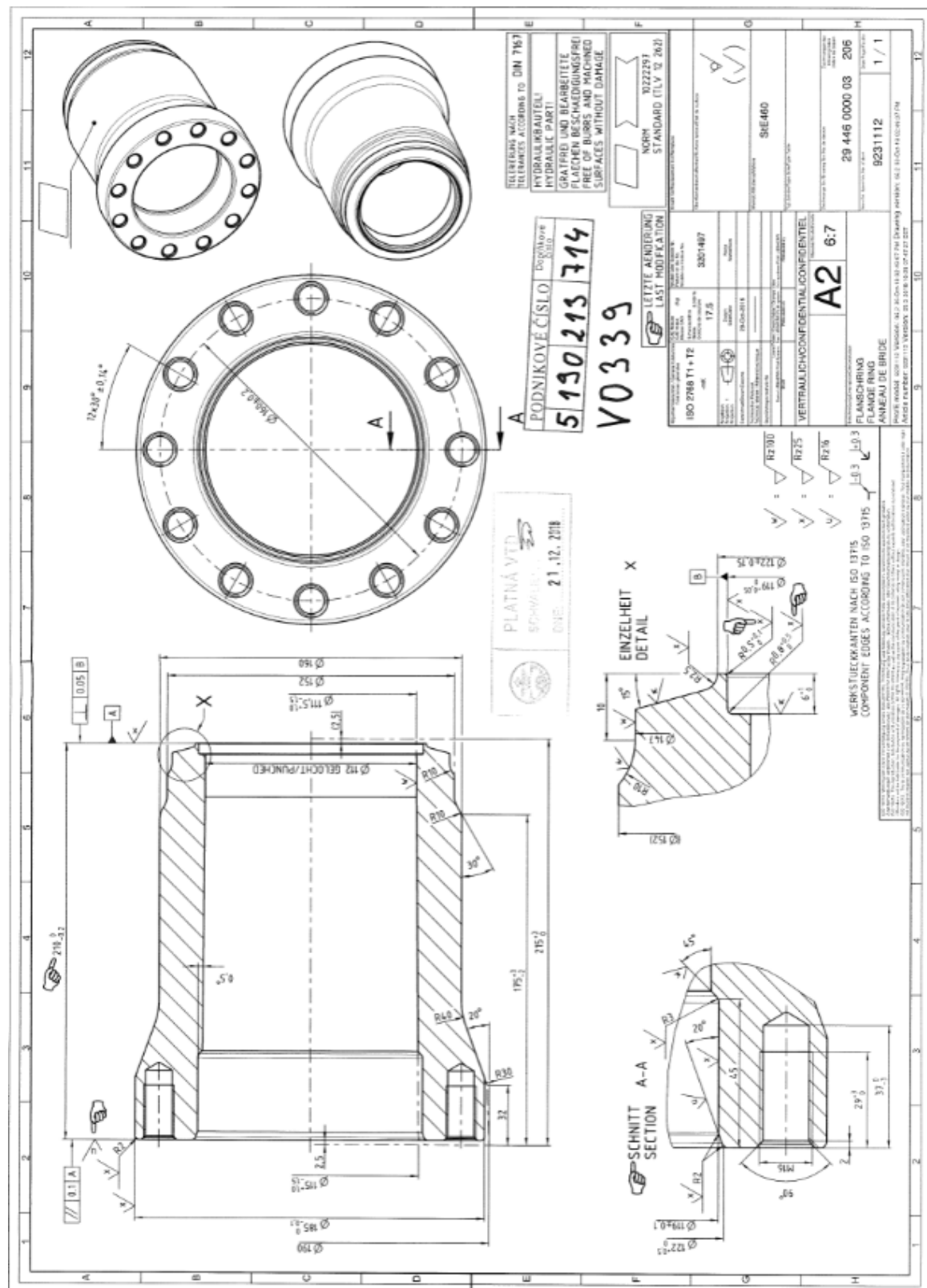
- 
- [24] KLEŠTINA KEMMLER ER40 /472E. *Enářadí nástroje.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.enaradinastroje.cz/klestina-kemmler-er40--472e---12-0-11-0--din-6499--iso-15488-472e-12-/>
- [25] PALÁT, Hynek. *Druhy závitů* [online]. In: . 2012, s. 1-6 [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: [https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/\\_sablony/SPS\\_II/VY\\_32\\_INOVACE\\_C-07-02.pdf](https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/SPS_II/VY_32_INOVACE_C-07-02.pdf)
- [26] PRAXE - Základy soustružení a CNC soustružení [online]. In: . [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: [https://www.spszengrova.cz/texty/texty/PRA/zaklady\\_soustruzeni.pdf](https://www.spszengrova.cz/texty/texty/PRA/zaklady_soustruzeni.pdf)
- [27] Vložka pro rychlovým. závitoreznou hlavu, vel. 1/19 bez bezpečnostní spojky 246430 6X4,9. *BO-IMPORT: NÁŘADÍ-NÁSTROJE* [online]. ©2015 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://www.bo-import.cz/upinaci-naradi/zavitorezne-hlavy-pouzdra/prislusenstvi/vlozka-pro-rychlovym-zavitoreznou-hlavu-vel-1-19-bez-bezpecnostni-spojky-246430-6x4-9-245152.html>
- [28] Kloubová Hadice 1/2" Sada. *TUBOFLEX Shop: Modular Coolant Hose System* [online]. ©2014 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <http://www.kloubovehadice.com/shop/kloubova-hadice-sada-1-2.html>

## Seznam příloh

Příloha 1. Technické parametry stroje SP430Y

Technické parametry stroje SP430Y		
Pracovní prostor:		
maximální délka soustružení:		1100 [mm]
maximální průměr soustružení - horní hlava:		550 [mm]
maximální průměr soustružení - spodní hlava:		- [mm]
maximální průchod tyče hlavního vřetene:		80 [90]
P+A7:A35jezdy os:		
osy $X_1 / Z_1$ :		325/1225 [mm]
osy $X_2 / Z_2$ :		- [mm]
osa Y:		+ 100/-80 [mm]
Rychloposuv:		
osy $X_1 / Z_1 / X_2 / Z_2$ :		30 [m.min <sup>-1</sup> ]
osa Y:		25 [mm <sup>-1</sup> ]
Hlavní včteno:		
maximální otáčky:		3800 [3150] [min <sup>-1</sup> ]
Protivčteno:		
maximální otáčky:		- [min <sup>-1</sup> ]
Horní nástrojová hlava:		
Počet poloh:		12
průměr otvoru VDI:		50 [mm]
maximální otáčky nástrojového vřetene:		4000 [min <sup>-1</sup> ]
průměr otvoru VDI:		- [mm]
maximální otáčky nástrojového vřetene:		- [min <sup>-1</sup> ]
Koník:		
kužel dutiny - MORSE:		5
zdvih pinole:		160 [mm]
průměr pinole		150 [mm]
Motor - Hlavní včteno:		
výkon S1 / S6 - 40 %:		17 / 25 [28 / 42] [kW]
maximální krouticí moment S1 / S6 - 40 %:		974 / 1433 [1403 / 2106] [N.m <sup>-1</sup> ]
Motor - Protivčteno:		
výkon S1 / S6 - 40 %:		- [kW]
maximální krouticí moment S1 / S6 - 40%:		- [N.m <sup>-1</sup> ]
Motor nástrojového vřetene horní hlavy:		
výkon S1 / S6 - 40 %:		8,5 / 19 [kW]
maximální krouticí moment S1 / S6 - 40 %:		50 / 76 [N.m <sup>-1</sup> ]
Motor nástrojového vřetene spodní hlavy:		
výkon S3 - 60 %:		- [kW]
maximální krouticí moment S3 - 60 %:		- [N.m <sup>-1</sup> ]
délka x šířka x výška:		5033 x 2180 x 2264 [mm]
Hmotnost:		8300 [kg]

## Příloha 2. Výkres součásti



## Příloha 3. Požadované vlastnosti materiálu tavba 45519

Požadované mechanické vlastnosti materiálu: tavba 45519

Chemické složení 45519					
C	Mn	Si	P	S	
0,1800	1,5400	0,3300	0,0190	0,0060	
Cr	Ni	Cu	Mo	V	
0,1200	0,2300	0,2100	0,0300	0,1550	
Al	Ti	N2	Sn	Nb	
0,0250	0,0250	0,0125	0,0140	0,0010	

Mechanické vlastnosti a tvrdost	
Hodnoty	Vyhodnocení
Re [MPa]	470 MPa
Rm [MPa]	714 MPa
A5 [%]	23,30%
Z [%]	55,60%
KV2 +20°C [J]	23,3 J
tvrdost [HB]	206 - 214 HB

## Příloha 4. Požadované vlastnosti materiálu tavba 46108

Požadované mechanické vlastnosti materiálu: tavba 46108

Chemické složení 46108					
C	Mn	Si	P	S	
0,1800	1,5200	0,3400	0,0130	0,0030	
Cr	Ni	Cu	Mo	V	
0,1000	0,2200	0,2100	0,0200	0,1550	
Al	Ti	N2	Sn	Nb	
0,0160	0,0020	0,0080	0,0140	0,0010	

Mechanické vlastnosti a tvrdost	
Hodnoty	Vyhodnocení
Re [MPa]	468 MPa
Rm [MPa]	632 MPa
A5 [%]	20%
Z [%]	71,60%
KV2 + 20°C [J]	65 J
tvrdost [HB]	188 - 214 HB